# 大众地学史

○ 陈宝国　李玉静　著

"十二五"国家重点图书出版规划项目

中国科学院自然科学史研究所 策划

丛书主编 郭书春




山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

责任编辑　梁天宏　胡　明
装帧设计　魏　然　李玉颖

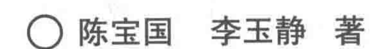
《大众数学史》
《大众物理学史》
《大众化学化工史》
《大众天文学史》
《大众地学史》
《大众生物学史》
《大众医学史》
《大众农学史》
《大众建筑史》
《大众机械技术史》
《大众纺织技术史》
《大众军事技术史》

读史使人明智，科学使人深刻。科学技术史既蕴含着科技知识，又充满了人的故事。《大众科学技术史丛书》由科技史专家撰写，面向大众读者；兼顾知识与方法，融汇科技与人文；再现发现发明，倡导求真务实；推动文明进步，助力民族复兴。


ISBN 978-7-5331-7656-3

定价：28.00元

# 大众地学史



陈宝国 李玉静 著




“十二五”国家重点图书出版规划项目
中国科学院自然科学史研究所 策划
丛书主编 郭书春

山东科学技术出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

大众地学史/陈宝国,李玉静著. —济南:山东科学技术出版社,2015
(大众科学技术史丛书)
ISBN 978-7-5331-7656-3

Ⅰ.①大… Ⅱ.①陈… ②李… Ⅲ.①地理学史—世界—普及读物 Ⅳ.①K90-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 292406 号

**大众科学技术史丛书**

# 大众地学史

陈宝国 李玉静 著

**出版者:山东科学技术出版社**
地址:济南市玉函路 16 号
邮编:250002 电话:(0531)82098088
网址:www.lkj.com.cn
电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn
**发行者:山东科学技术出版社**
地址:济南市玉函路 16 号
邮编:250002 电话:(0531)82098071
**印刷者:山东德州新华印务有限责任公司**
地址:德州经济开发区晶华大道 2306 号
邮编:253074 电话:(0534)2671209

开本:720mm×1000mm 1/16
印张:15.5
版次:2015 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

**ISBN 978-7-5331-7656-3**
**定价:28.00 元**

# 《大众科学技术史丛书》
# 编 委 会


**主　　编**　郭书春

**编　　委**　（按姓名拼音为序）

白　欣　柏　芸　曹幸穗　陈宝国

郭书春　刘　珂　刘树勇　刘献军

茅　昱　孟　君　潘丽云　沈玉枝

史晓雷　王玉民　韦中燊　邢声远

颜宜葳　杨　静　游战洪　张大庆

赵翰生　周嘉华　周文臣

# 序 Foreword

英国哲学家培根说:读史使人明智,科学使人深刻。科学技术史图书可以给读者提供一举数得的精神食粮,而科学技术史的普及读物对社会的影响常常比专著还要大。了解科学技术进步的历史不仅有利于掌握知识,更有利于认识科技发展的规律,学会科学发现和技术发明的方法,提高国民特别是青少年学生的素质。因此,向读者提供高质量的科学技术史普及读物,是科学技术史学者和出版机构责无旁贷的使命。

为了充分利用科学技术史传播科学知识,弘扬科学精神,培养青少年学科学、爱科学的良好素质,学术界有必要撰写系统阐述科学技术不同学科发展历史的普及读物。为此,中国科学院自然科学史研究所与山东科学技术出版社商定,合作撰写、出版一套《大众科学技术史丛书》。该课题得到有关部门的大力支持,并列入《"十二五"国家重点图书、音像、电子出版物出版规划》增补项目。

本丛书展现历史上的科学技术知识以及科学技术专家的生平、科学活动和科学思想,兼具科学性和人文性,反映科学技术发展与人文思想演进的关系。本丛书力求具有科学性、系统性和通俗可读性。

所谓科学性,就是科学准确地表述各学科史的内容,并尽可能汲取最新的研究成果。各册所述内容必须是学术界公认的,经得起时间考验的。对学术界尚有争论的内容,或者以一家为主,兼及别家,或者并列诸家之说。主要学术观点力求有原始文献或转引自权威著作的文献作依据,避免粗制滥造、以讹传讹。

所谓系统性,一方面指在书目设置上既有基础学科,又有应用学科,覆盖数

学、物理学、化学化工、天文学、地学、生物学、医学、农学、建筑、机械技术、纺织技术、军事技术等科学技术史的各个主要分支学科；另一方面指每一学科的篇章设置能够涵盖该学科的重要成就、著作和科学家、重大事件和科学技术机构等，要使读者能够比较完整地了解该学科由低到高的不同发展阶段及其在不同文化传统中的特点。

所谓通俗可读性，就是既要使用规范的汉语语言和标准汉字，又要做到通俗易懂，雅俗共赏，老少咸宜。在确保科学性的同时，要尽量采用便于大众理解的表述方式，并对历史上出现的、今天已经不再使用的重要术语用现代术语加以解释。

我们希望，广大读者特别是青少年学生通过本丛书既可以领略科学技术的严谨，又能理解它们对经济和社会发展的巨大作用，受到科学精神的熏陶，激发对科学技术的兴趣，树立钻研科学技术的志向。

本丛书各分册的作者都是科学技术史学科有较深造诣的专家，有的是学科的领军人物，有的是成绩突出的中青年骨干。当然，任何工作都是阶段性的，每位学者的知识都有局限性，即使是术有专攻的专家也不例外，因此，本丛书也可能有明显的疏漏和错误之处，恳请读者们不吝赐教，以便再版时修正。

中国科学院自然科学史研究所所长、研究员

张柏春

# 前言 Preface

正如书名“大众地学史”所表明的，该书是一部定位于普及、宣传自然科学门类之一的地学科普书籍。既然定位于科普，就说明了该书具有两方面的意义：其一，地学在人类探索自然界的过程中，尤其是当这种探索形成自然科学重要门类之一的学科过程中，地学研究的重要性及其在自然科学研究中具有不可替代的性质；其二，由于这个学科门类兼具自然科学研究的专门属性，同时又由于它的学科性质所具有的与社会紧密联系的基础性、前沿性和科学性，便使其具备了它的另一个属性——为人类社会的发展服务，也就是它的社会属性。所以，宣传、普及地学知识，使这门科学在人与自然能够和谐发展的现实社会中，为提倡保护自然环境，合理、理性地认识、利用与开发自然界恩赐给人类有限的自然资源；同时倡导在如今科学技术不断发展的社会下如何认识与践行人与自然和谐不悖，在可持续发展的过程中尊重自然界内在的发展规律，遵循以科学发展观为指导的爱自然、爱科学的良好风尚，并使之成为全社会的共识。

基于这种认识和考虑，本书遵循人类社会形成以来的社会活动和科学探索的历史脉络，依据现代科学所能解释和赖以支持的研究成果，描述了地球形成、人类发展和探索的历史进程，将其分为上、下两篇，共 12 章，简要、集中地介绍了古往今来中外地学发展过程中的主要人物、重要事件，并对世界范围内东西方地学思想形成的共通性与差异性进行了比较。在此基础上，本书试图对中国地学在几千

年的发展中，诸如有关主要的自然观、地学人物、地学成就做一简略的梳理，尤其对近现代地学在中国的产生和发展加重了笔墨，以此强调中国近现代地学发展的历史背景、社会环境，借以说明近代科学在中国产生的艰难路程。

中华民族以聪明、勤劳、智慧著称。科学技术的发展，自古以来成为华夏儿女的骄傲，在不同的历史时期促进和影响了人类社会的进程，并成为世界科学文化积累中闪光的部分。科学与文化的发展，以马克思主义的辩证唯物主义和历史唯物主义的认识来看，不同时期的社会形态、历史背景，决定了这个过程是以阶段性和点断性为其特征。这种特征限定了人类社会发展过程中，由于地域、社会形态、文化背景的不同所产生的思维定势的发展方向，同时也无疑成为不同地域，不同文化背景下科学技术发展产生差异性的原因。当然，这种差异性的弥合需要一个基础，这就是提高世界范围的社会人群对科学与文化的认知，并达到一定的共识。我们想，这也是该丛书的倡议者编写此丛书的目的之一。

本书在编写过程中得到了很多同志的帮助，在此表示感谢。由于编者的能力所限，加之时间的关系，此书肯定存在诸多不足之处，在此真诚希望读者给予指正，以使编者有所增益。

著　者

# 目录 Contents

## 上篇　古代地学

## 下篇 近代地学

# 上篇

# 古代地学

# 一、原始人类对自然物质的认识和利用



你可能是一个富于幻想的人，可能有过很多美丽的梦想。如果这样，我猜想你一定是一个热爱生活的人。

我们生活在一个美妙的空间里，地球是我们的栖息之所。就像一个宠儿，人类得到了大自然的百般呵护，地球成为人类赖以生存的家园。那么，你了解地球吗？地球是什么样子，地球有多大的年龄了？地球和人类是什么关系，人类为什么能在地球上生存，人类怎样在地球上生存呢？当然，这些问题不应由我们给出答案，因为我们不是地球科学家。我们虽然生活在地球上，但我们并不是研究地球科学的人。既然这样，我们和地球科学家交个朋友应该是一个不错的选择，如果你没有更多的异议，我觉得这不是一个不好的建议。

## 地球——一个不规则的球体

地球是人类赖以生存的地方。不管宇宙中是不是还可能存在其他有生命的行星，但我们知道，在太阳系中，我们生存的这个星球是特别适合生命存在和发展的。地球是我们人类居住的星球，是太阳系的八大行星之一，它最重要的特点之一就是与太阳之间的距离为 1.496 亿 km(即一个天文单位)。这是一个十分美好的距离，在这个距离之内，地球从太阳所射出的光线中吸收的热量与地球辐射到宇宙中去的热量，恰好达到一个平衡程度，而这个平衡程度正好使地表的温度能够让地球表面的水呈液态的形式存在。我们知道，水(指液态水)对于人类是多么重要，液态水对地球上绝大部分生命的存在是必不可少的，并且，在生物生命的起源和演化过程中是不可或缺的。在地球的表面结构中，有一个外部的圈层，它是由大气圈、水圈、岩石圈、生物圈组成的。这几个圈层排列有序，相互作用，它们的对立统一构成了我们生存的地球以及地球上生存的生物的存在和运动。地球上大气性质对生命的发展是十分有利的，自从地球上有生命存在以来，生物作用一直在控制着大气成分的变化，特别是植物利用太阳能把二氧化碳和水转变成有机碳化合物和氧气的光合作用，提供给了人类赖以生存的氧气。太阳为地球生命提

供了足够的能量。

太阳能除了为地球生物的生存和生物作用提供动力以外，太阳能还是许多重要的物理、化学、地质运动的动力。像我们非常熟悉的风、水、冰以及生物界的运动、变化，都离不开它。如果没有太阳的热能，地球的表面就不会有一望无际的湛蓝的海洋，也不会有川流不息的江河，更不会有茂密葱郁的森林。因此，如果没有太阳能，整个地球将是一个毫无声息的宇宙物质。

正因为地球是我们人类的栖息地，对地球的了解和认识很自然地成为科学发展所要不断探索的课题，也是地球科学家们不断探索的课题。随着人类与自然界的斗争，人类的社会活动不断地积累和丰富了对地球的认识。科学技术的发展也为人类揭开地球的奥秘提供了可能。

早在公元前几个世纪的时候，古希腊的一些对天文感兴趣的学者们就对地球发生了兴趣，对地球做了许多的观察。在夜晚，他们遥望星辰满布的夜空，用肉眼观察天上的星星。他们感觉到那些可以用肉眼看到的星星，如果从不同的地方去看的话，它们是不一样的。他们还观察到，在月食到来的时候，地球投在月球上的影子是圆的。还有，那些出海的船只会逐渐地变小，最后消失在地平线上。因此，他们得出了一个结论：地球不是平的。

大约在公元前 270 年前后，一位叫埃拉托色尼的古希腊人，住在埃及塞尼城北面大约 800 km 的亚历山大城，他对当时人们所认为的地球是一个平面的说法提出了疑问。为了证实地球不是一个平面的问题，这个人特地在塞尼城做了长时间的观察。他发现，不管是在任何一个年份的 6 月 21 日的中午，太阳的位置都是在塞尼城的正上空。根据这个事实他推断，在这个时间，太阳光照射下的建筑物是没有影子的。他还推断，在 6 月 21 日中午这个时间，可以在深井底部的水中看到太阳的反射。因此，这个聪明的人说，无论任何年份的 6 月 21 日中午，太阳将不在亚历山大城的正上方，而是稍稍向南偏斜。见图 1-1。他的结论不是凭空想象出来的，因为他做了一个试验，他测量了正午时亚历山大城建筑物影子的长度，确定了这时太阳的位置是处于子午线方向向南约 7.2°的地方。他成功地证明了地球不是平面的。紧接着，他给自己安排了一个任务，他要做一个测量地球的实验。

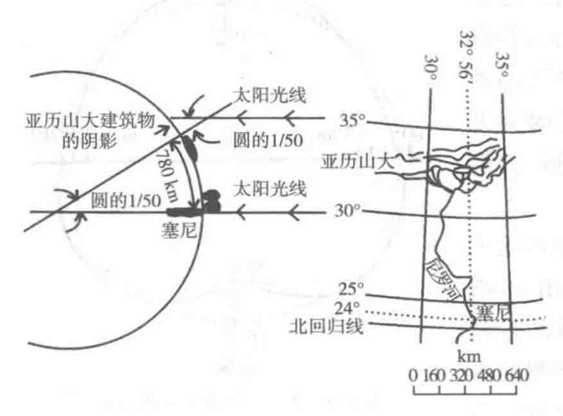



图 1-1　埃拉托色尼对地球周长的测量

他根据地球不是平的这一论断,假定地球是圆的,而后用塞尼城至亚历山大城之间的距离乘以 50(因为他所看到的亚历山大城正午时太阳与子午线的角度为 7.2°,7.2°是整个圆 360°的 1/50)。这样他就算出了地球的周长为 40 000 km。埃拉托色尼的试验是成功的,他所计算出的地球的周长数字与真实的距离出奇地接近(地球赤道周长为 40 075.7 km,子午线周长为 40 008.08 km)。这位传奇的人物,以他第一次地球测量成功的实验,作为巨大的科学成就被载入了史册。顺便说一下,埃拉托色尼还对化石是生物的遗迹做过专门的研究,提出一些阐述和论断,他认为贝壳的化石可以作为海陆变迁的佐证。他还作为一位地理学家写有《地理概论》的论著。

1980 年,国际大地测量和地球物理联合会公布了地球形状的主要数据:

赤道半径:6 378.137 km

两极半径:6 356.752 km,平均半径:6 371.012 1 km

扁率:1/298.257 km

赤道周长:40 075.7 km

子午线周长:40 008.08 km

表面积:$5.101\ 0\times10^{8}\ km^{2}$

体积:$10\ 832\times10^{8}\ km^{3}$

平均密度:$5.518\ g/km^{3}$

面对这组数据,我们不得不感叹那位叫埃拉托色尼的古希腊人,他在 2 000 多年前的测量与科学技术如此发达的现代所测的数据如此接近。

地球是太阳系的八大行星之一。地球绕地轴自转,同时又绕太阳进行公转,还随着太阳系在星际空间运行。地球自转的周期(一恒星日)为 23 时 56 分 4.1 秒,自转的速度为 0.465 km/s;地球绕太阳公转的周期(一恒星年)为 365 日 6 时 9 分 10 秒,公转的速度为 29.97 km/s。

地球的形状经过科学测定为扁率不大的三轴椭球体(地球椭球体),它赤道突出,两极稍扁。根据人造地球卫星测定,地球的形状不同于一般的扁球体,而是更接近于梨的形状。所以,根据它的形状,科学家们也称它为地球梨状体。见图 1-2。

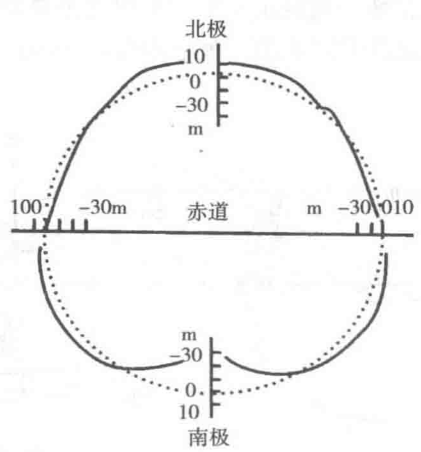



图 1-2 大地水准面和扁球面。实线为大地水准面,虚线为理想球面

长期以来，科学家们通过复杂的气象观察和近年来对人造卫星轨道的研究，都使我们对地球的性质有了更进一步的了解。地球是个球体，平均半径为 6 371 km。为什么会出现赤道突出而两极扁平的状态呢？这种情况经科学家们的研究认为是与地球的旋转有关的。

我们知道，地球在旋转时其质点是做曲线运动的，质点离旋转轴越远，运动越快。依据惯性定律，在没有外力作用的情况下，质点是做直线运动的。在这种情况下，地心的吸力使地球在旋转时保持不破，才不会出现向四面八方飞散的情况。

地球的构造可分为两部分，内部构造和外部构造。这两部分都有圈层的特点。地球的内部构造是指地球的固体部分，它可分为地壳、地幔、地核；外部构造则有水圈、大气圈和生物圈。在地球的表面，海洋覆盖了大部分面积，占地球表面积的 70%（$3.61\times10^8$ km$^2$），而陆地则只占 29.2%（$1.49\times10^8$ km$^2$）。而且，在地球的表面，陆地和海洋的分布也是不均匀的，其中 65% 的陆地集中在北半球，所以北半球又有“陆半球”之称，而南半球陆地面积较少，则有“水半球”之称。

地球的内部具有密度、压力、重力、地磁、弹性、地热等性质，地球科学家们称这些为地球的物理性质。在科学技术发展很快的当代社会，科学家们通过对地球物理性质的研究，是可以了解地球内部物质的成分、温度、压力状态的，还可以探索这些物质成分变化的规律，以便更好地认识这个稍扁像梨一样的地球，开发地球上存在的可供人类利用的自然资源为我们人类服务。见图 1-3。

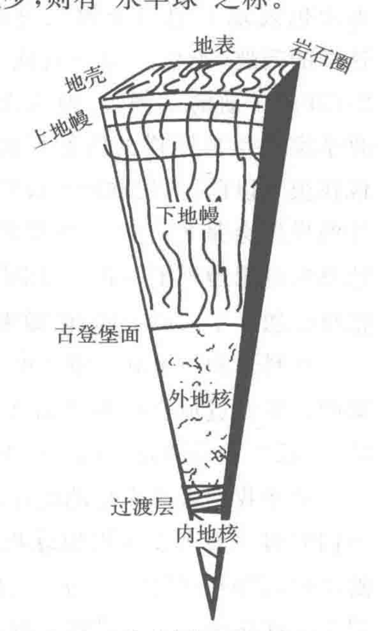



图 1-3　地球内部圈层示意图

我们生活在这个美丽的地球上是多么的幸运和骄傲，我们享受着阳光和雨露，地球为人类的生存聚集了多种多样的可供人类利用的资源。然而，如何合理地开发和利用这些大自然赏赐给人类的资源，是我们所面临的重大的课题。

随着地球科学的发展，我们对地球内部各部分所含化学元素的种类和数量有了更多的了解，地球已不再是那么的神秘。科学家们通过对岩石、矿石的化学分析，已经掌握了大量地球表层的化学成分。根据近 100 年来的研究，现在已经知道组成地壳的元素大约有 92 种之多。但是，这些已知元素在地壳中的平均含量和空间分布是很不平均的。了解这些元素的成分

和分布是地球科学家们探索矿产资源的重要手段。

## 地球的年龄——一个极具诱惑力的话题

好奇加努力是提出问题和解决问题的前提。历史上有很多例子表明我们人类具备这样的天赋。早在2000多年以前,那是中国古代的战国时期,有一位伟大的诗人屈原曾写了一首名叫《天问》的长诗,他在诗中就自己对自然界各种物质运动的观察,但不能给出合理解释的现象提出了170多个问题。如:惟兹何功,孰初作之?——(我们生存的空间)这么宏大的工程,谁是最早的建设者,建造功绩属于谁呢?东流不溢,孰知其故?——百川东流入海,大海之水从不会溢出,这是什么原因呢?屈原的提问,一方面表现了他对自然现象的观察和思考,另一方面也表现了他对未解之谜的无奈。这样的问题,不仅在中国古代,就是在2 000多年前的欧洲,对地球感兴趣的哲学家们也被同样的问题所困扰。据说在很早以前,一位欧洲人设想地球之外的世界会是另外的一番景象,于是,他突发奇想地画了一张图,用手中的笔把自己送到了天的边际,俯瞰天外天的胜景。见图1-4。

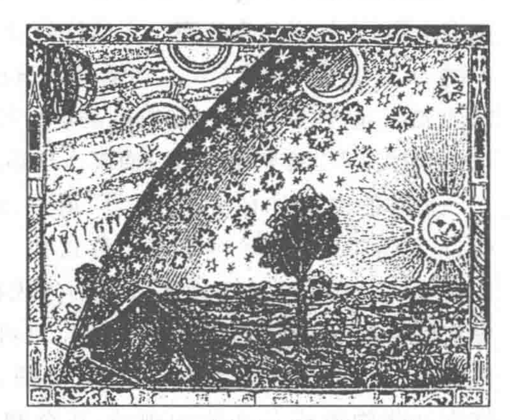


图1-4 旅行者走到了天的尽头

在科学和技术并不发达的古代,人们的好奇和想象是很难找到解决问题的答案的。但经过他们思考之后所提出的问题,却为后来科学家们的工作开阔了思路,为后来人的研究提供了更多的目标和方向。

对于我们人类生存的地球,自古以来有很多人都曾做过认真的观察和思考。他们的努力为人类认识地球积累了大量的宝贵经验。譬如:为了确定地球的年龄,科学家们已经找到了岩石、化石作为测试的对象,也发现了地层层序律和化石层序律这些地球演化过程中存在的规律。但是仅有这些仍不足以说明问题。利用岩石地层和化石尽管可以划分出地层的地质年代,然而这只是相对意义上的概念,因为这只是排出了地层在时间分布上的先后,但无法确定具体的时间。所以在地质学上用这种方法得到的地质年代被称为相对地质年代。相对的概念地质学家们是不能满意的,他们的研究又瞄准了寻找测定绝对年龄的方法。

为了寻求解决绝对年龄的测算方法,有的科学家提出,可以利用地层在沉积

过程中沉积岩的厚度与沉积物沉积的时间长短有关的事实作为依据来估算地球的年龄;还有的科学家设想,海水是由淡而变咸的,能不能利用这种变化过程,而后依据现今海洋里总的含盐量和由于流水的作用,每年从陆地注入海洋的含盐量来估算地球的年龄呢?然而,事实证明这些努力都不是解决这一问题的有效方法。但科学家们相信,虽然科学的探索未必每一次都能达到预期的目的,但每一次的尝试都会把成功的概率加大一次。

19世纪末,法国物理学家贝克尔发现了具有放射性的元素——铀。这个发现为测算地球的绝对年龄带来了福音。

20世纪初,美国的物理学家卢瑟福经过研究发现,放射性的原子具有蜕变的特性,也就是说这种原子可以自行分裂为另外的原子。而后,他的实验又发现了元素的人工转变。他的伟大发现使他成为1908年诺贝尔化学奖的获得者。

正是由于放射性元素的发现和放射性元素具有蜕变特性的证明,直接导致了科学家们将放射性元素及其特性的特征用于测定地球年龄的同位素地质年龄测定法的出现。

所谓同位素的概念,是指同一种化学元素的原子经蜕变后虽然在质量和数量上有所不同,但它们都具有同样的原子核电荷。例如放射性元素铀的相对原子质量为238,蜕变后能够产生出氦和相对原子质量为206的铅(这种蜕变后产生出的铅比相对原子质量为207的普通的铅要轻,但是在元素周期表上它们的位置是同一的,所以为铅的同位素)。科学家们之所以对同位素测定年龄这么看中,是由于放射性元素的蜕变规律还具有积淀、不受干扰的特性。经过研究,人们发现这些放射性元素在蜕变过程中,它的蜕变速度不会受到来自于外界的干扰和影响,而且稳定不变,但它们蜕变的速度和最后的产物却各不相同。同位素的蜕变速度通常是用半衰期来表示的。所谓半衰期,是指某一元素的原子数蜕变一半时所用的时间。放射性元素,比如说铀,在地球上分布很广,许多岩石中都存在。铀经蜕变后产生的是氦和铅,氦是气体,很容易散失,而铅不是气体,所以被保留下来了。我们知道,自然界中的岩石和矿物一旦形成,那么其中所含有的放射性同位素就开始以其恒定的速度蜕变,而这时的岩石和矿物就好比一块天然时钟,记录着自己成长的时间进程。科学家们据此可以依据一块岩石中所含铀的多少,以及从这些铀中分裂出的铅的多少,而较准确地算出这块岩石形成的年龄。自然界中存在着很多种类的放射性元素,其中有些是可用于测定地质年代的放射性同位素。见表1-1。

**表 1-1　用于测定地质年代的放射性同位素**

| 母位同位素 | 子体同位素 | 半衰期($T_{1/2}$) | 有效范围 | 测定对象 |
|---|---|---|---|---|
| 铷($^{87}Rb$) | 锶($^{87}Sr$) | 500 亿 a | $T_0 \sim 10^8$ a | 云母、钾长石、海绿石 |
| 铀($^{238}U$) | 铅($^{206}Pb$) | 45.1 亿 a | | |
| 铀($^{235}U$) | 铅($^{207}Pb$) | 7.31 亿 a | | 晶质铀矿、锆石、独居石、 |
| 钍($^{232}Th$) | 铅($^{208}Pb$) | 139 亿 a | | 黑色页岩 |
| 钾($^{14}K$) | 氩($^{40}Ar$) | 14.7 亿 a | $T_0 \sim 10^4$ a | 云母、钾长石、角闪石、海绿石 |
| 碳($^{14}C$) | 氮($^{14}N$) | 5 692 a | 50 000 ～今 | 有机碳、化石骨骼 |
| 钐($^{150}Sm$) | 钕($^{144}Nd$) | | | |
| 氩($^{40}Ar$) | 氩($^{39}Ar$) | | | 云母、钾长石、角闪石、海绿石 |

注：表中 $T_0$ 为地球年龄，约 46 亿 a。

自从出现了同位素测定地质年代的技术之后，就为解决地球和地壳形成的年龄带来了希望。科学家们竭力搜集地球表面留存的最古老的岩石进行测定，以期获得相关的数据，如 1973 年在格陵兰发现的一块最古老的岩石，经测定后得知其年龄为 38 亿年；又如 1983 年发现了距今 41～42 亿年的矿物颗粒。通过对这颗矿物颗粒的测定，科学家们认为地球的年龄下限应在 40 亿年左右。

以地球上存在的物质作为测定的对象，无疑可以得知地球的存在时间，但这并不是地球的初始年龄。因为在地球形成之后，是经过了一定的时间之后才形成了由岩石组成的地壳的，而化石的形成更是地质事件发生之后的事情了。也就是说，要想知道地球形成的时间，仅从地球本身存在的物质寻找答案还是不充分的，还应从地球与太阳系的关系中，也就是说要从太阳系内天体形成的统一性来进行考虑。那么，如何寻找地球以外的物质呢？科学家把目光投向了来自地球之外的不速之客——陨石（无论是铁陨石还是石陨石，也无论这些陨石是什么时候飞落到地球上的）。经过测定，他们惊奇地发现了这些陨石都具有相同的年龄——46 亿年左右。这样的结论是通过一种类比的方法而获得的。地球作为太阳系的一员，根据地球与太阳系中的其他天体一样，都来自于同一星系的理论，其他天体的年龄是可以同地球的年龄进行类比的。为了慎重起见，当人类的科学技术已发展到登陆月球旅行之后，科学家们将取自月球表面的岩石进行同位素测定，得到了月球上岩石的年龄值在 31～46 亿年的数据。这就为确定地球的年龄提供了佐证。

## 石头的魔力——大自然给人类的馈赠

### 1. 人类的由来

大约在 300 万年以前，人类在地球上开始繁衍。

就目前科学技术的发展，还不能证实在茫茫的宇宙空间里存在着第二个适合生命存在的星球。可以确定的是，只有我们人类赖以生存的地球为生命的出现和进化提供了必要的条件。地球被确认为有最早的生命记录存在，据我们前面提到的那块古老的格陵兰岩石传递给的信息，至今已有 38 亿年了。科学家们以不懈的努力，同样在那块格陵兰古老的岩石中发现了一些由生物合成的有机碳。见图 1-5。这个斑斑点点圆乎乎的东西，就是在显微镜下显示的 38 亿年前的有生命的物质(其年代被地质学家们认定为地球科学中的太古宙早期)。

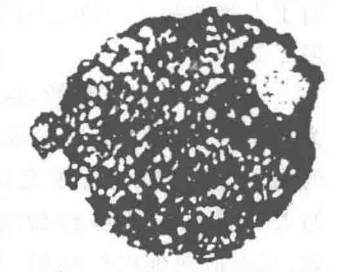
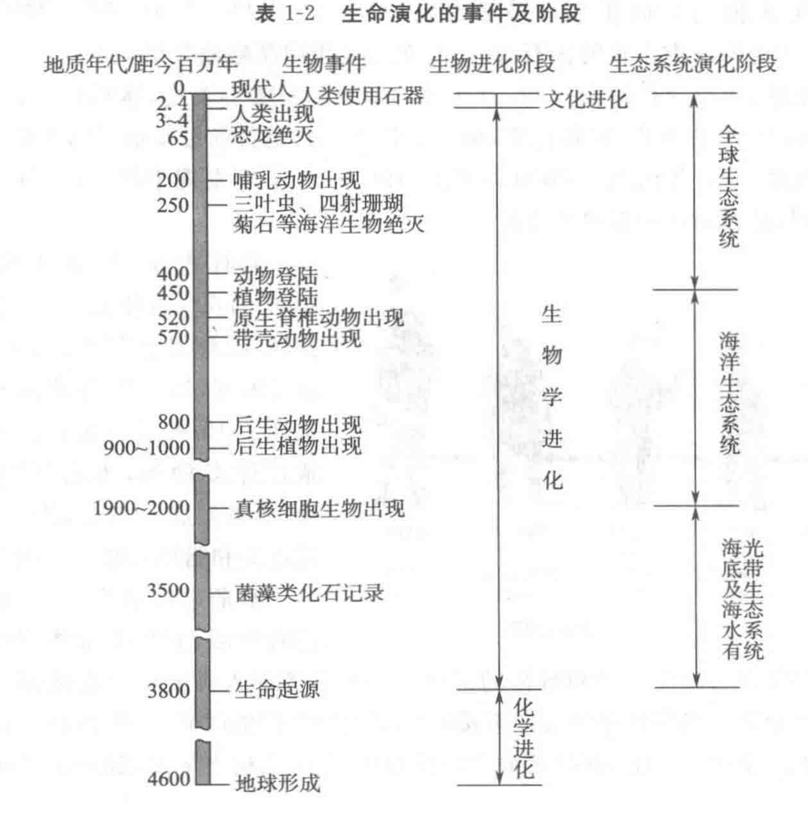


图 1-5　38 亿年有机碳微结构图

从那以后，地质历史的编年史又翻过了很多页。其间又经历了生物演化的几次重大事件。时间背负着生命演化的历史，当指针停留在距今 250 万年左右的时候(地质年代为第四纪)，生命演化的历史又发生了一次重大的事件——人类出现了。见表 1-2。考古学家们为了使人类能够了解和认识自己的祖先，进行了艰苦而

**表 1-2　生命演化的事件及阶段**



有成效的努力，从他们的发掘和研究中，我们终于看到了自己的原始形象，也知道了人类的祖先分布于地球上的很多地域。见图 1-6。

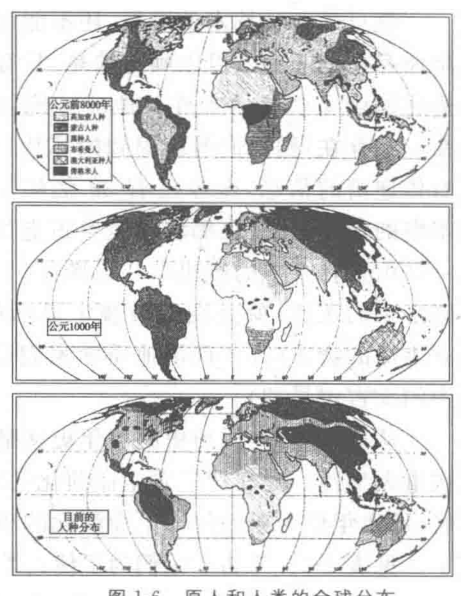


图 1-6　原人和人类的全球分布

人是用双脚走路的，这并不稀奇，因为人就是这样行走的，这是人的本能嘛。的确，在高级哺乳动物灵长类中只有我们人类是唯一能够经常靠两足直立行走，真正适应地面生活的。然而，人类的祖先则不具备现代人的特征，它们是靠四足行走，在树上栖息。所以它们被称为攀树的猿群。它们的生存年代距今大约在 3 000～1 000 万年前。这些攀缘窜跃于热带森林中的古猿，就是我们人类和现代类人猿的共同祖先。据考古发掘，现在知道的这类古猿的化石有三种，在这里我们简略地介绍一下：

原上猿：生存年代距今 3000 万年前，1911 年发现于埃及，体形较小，身长大约 50 cm，有 32 颗牙齿，四足行走，栖息于树上。这是目前已知最早的古猿。

埃及猿：生存年代距今 2800 万年前，1966—1967 年发现于埃及，其特征与原上猿相同，是目前已知较早的古猿。

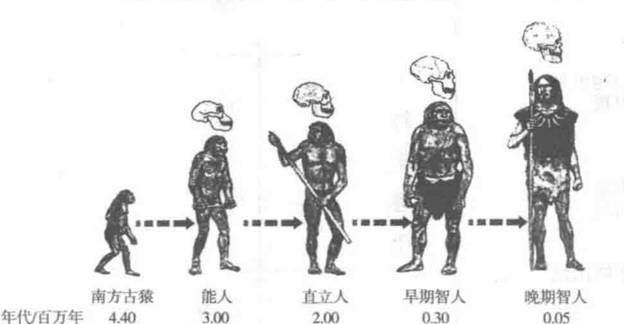


图 1-7　人类演化阶段

森林古猿：生存年代距今 2800—2600 万年前，分布范围在亚洲、欧洲和非洲等地，1856 年首次发现，1956 年在我国云南也发现了 10 枚牙齿化石。这类古猿有许多种类，形态区别也很大，后来发展为三支，既巨猿、西瓦古猿和腊玛古猿。见图 1-7。

本来这些古猿过着比较平静的生活，它们以森林为家，并不受到迫使自己改变习性和特征的影响。促使古猿向人类演变的直接原因是生存环境的变化。当自然界的变动直接影响到它们生存的时候，这些古猿不得不放弃过去生活于树木之上、森林之中的生存方式，被迫从树上下来，到地上寻找食物

并生活在林间空地或者草原和森林的交接地带。据科学家们研究，在地质时期的更新世时代，曾经发生了几次大冰期[①]和间冰期[②]。急剧变化的恶劣环境迫使一切动物必须随着环境的变化来改变自己适应新的环境。人类的演化就是在这种背景下进行的。当生活环境改变时，为了生存的需要它们在地面上生活，在寻找食物的过程中，从事简单的劳动。久而久之，正是这种生存活动促使四肢发生变化，前肢分化为双手，而后肢分化为双脚，从原来的四肢行走逐渐变为用两足行走，最终站立了起来。它们从此走出了猿群，迈出了由猿到人转变过程中关键性的一步。在简单的劳动中，它们的手和脚有了分工，也学会了使用天然工具。从林栖生活演变到地面生活，并实现了直立行走，这个过程经历了大约1600多万年的时间。实现了用双脚走路，这就扩大了猿人的视野，它们在谋生的群体活动交流中，产生了最初的语言，大脑也逐渐发达起来。1932年，美国人在印度和巴基斯坦接壤的地区发现了生活于1400—2000万年前的古猿化石。由于发现地的关系，就用了印度古老的史诗《腊玛延那》中主人公英雄腊玛的名字给予命名，称为腊玛古猿。经研究，腊玛猿人已经开始了由猿到人的演变，因此被古猿学家称为"正在形成中的人"，而这些古猿被认为是人类进化的早期代表，人类的祖先。而晚期代表则被认为是生存于距今550—100万年前的南方古猿。南方古猿在1924年被发现于南非。科学家对腊玛古猿化石和南方古猿化石进行了研究鉴定，认为腊玛古猿身高1 m多，脑量约300 mL，食物以植物为主，兼食肉类；南方古猿身高约1.2～1.3 m，体重平均为25 kg，平均脑量约为450 mL，食物以植物和小动物为主。

关于古猿的研究，科学家们是通过考古发现的化石来进行的，对他们的生存状况也可根据地层中的遗留物来进行分析判断。譬如，科学家曾在南非发现了一个经鉴定为12岁的南方古猿人颚骨的化石。经过检验，其颚骨两侧已经碎裂，门牙缺落，在下颚处留有一块经过强烈撞击而存在的凹痕。检验结果证明他死于暴力。还有一例，在其头骨化石中至今还存在着一块直径2英寸的石块。这清楚地说明，百万年前的人类就开始了同类之间的拼争，大多数是被动物的腿骨或者石头重击头部致死的。也许我们想象不出当时古猿有多么的强壮，因为他们的身材矮小，平均体重也只有40公斤左右，但一个确切的事实让我们不能不承认他们不是十分柔弱的。科学家们发现了一只200万年前的鬣狗化石，事实证明，当这只鬣狗向人类袭击时，被人类用一根羚羊的大腿骨迅即直接刺入它那张开的大嘴

①冰期：地球历史上气候发生冷暖变化，当有足够的固体、降水和能维持冰体存在的气候条件时便形成了冰川，冰川大量发育的时期称为冰期。

②间冰期：两次冰期之间，气候变暖，冰川消融的时期称为间冰期。

中,并使喉咙后面的头盖骨碎裂,并立即死亡。至今那只穿过喉咙的羚羊大腿骨还在那只鬣狗的嘴中,这个头盖骨化石至今还被保存在南非博物馆中向观众展览。

2.被解放了的双手

人类的进化无疑是一个十分漫长的过程。在这漫长的过程中,它们所经历的险恶和艰辛是我们现代人所不能想象的。尽管进化的过程迷茫蹉跎,毕竟这个过程以曲线的形式延续发展到了今天。

对于我们来说,其实没有必要像古人类学家们那样在人类起源与演化的领域内为追求科学真理,探索真谛而冥思苦想,除非你有志于做这方面的探求。因为那是科学家的事情。然而科学家们的研究成果则是我们必须理解、接受并要加以认真思考的。

自从古猿由于生存环境的变化,为了生存的需要而实现了由四肢行动转变为双足直立行走之后,由猿到人的演变过程就被启动了。在这个转变过程没有结束之前,它们还处于"正在形成的人"的阶段。那么,什么时候这个过程可以结束,其标志又是什么呢?在这里,我们用恩格斯在《劳动从猿到人转变过程中的作用》中所提出的科学概念来延续这个问题(恩格斯提出的关于人类起源和发展的三个科学概念,由于其界限不清,主要是因当时没有更多的古人类化石的发现和更深入的研究鉴定,对此,后来的自然科学家有不同的认识,多不使用这个概念),尽管存在着划分方法上的不同,但从人类演化过程来讲并无太大的差别。恩格斯认为,区别于正在形成中的人的标志是以能够制造工具为主要特征,并以此为依据提出了已具备了制造工具的猿人为"完全形成的人",并以此同"正在形成中的人"相区别,标志着从古猿到人过渡阶段的结束。

制造工具的目的也是人的本能的体现,就如同我们忙碌了一天,已经饥肠辘辘,当务之急就是想方设法消除这种饥饿感。尽管这种比喻未必恰当,但我们的祖先制造工具的动机也是为了更好地满足生存的需要,为了更有效地获得食物,更有效地抵御外来的侵害。尽管当时的人类智力水平很低,所谓的工具制造只不过是对天然的物质材料如石块、动物的骨骼、树木的枝干等进行极简单的加工,使其更加锋利,便于使用而已。然而,这种极为简单的过程却实现了由猿到人的转变,这种有目的的行为就是"劳动"的过程,是人的大脑和双手相互作用的过程。这说明了人类利用自己的智慧可以适应一切环境。所以恩格斯讲"劳动创造了人本身"。

根据对考古发掘的古人类典型化石证据的研究,古人类学家们把已经能够制造工具的人——完全形成的人划分为能人、直立人、智人(又分为早期智人和晚期智人)等发展阶段。关于这几个阶段现简述如下:

能人(又称为早期猿人):1964 年发现于坦桑尼亚奥杜威峡谷,是早期猿人化石的代表。据推测,能人已经能够构筑简单的住所,可以利用火山的熔岩或者石英块打制砍砸器。

直立人(又称为晚期猿人):我国习惯称为猿人。直立人的叫法是来自于生物学的分类。最早的直立人化石是于 1891 年在印度尼西亚爪哇岛被发现的。到目前为止,除非洲外,在欧洲等地都发现了直立人化石。在我国发现最早的直立人化石是 200 万年前的巫山人化石。闻名于世的北京猿人化石也属直立人,但时代就比较晚了。直立人除去可以制造工具之外,还在直立人化石的发掘地点发现了用火的痕迹。

早期智人(又称为古人):介于直立人和晚期智人之间。其化石 1956 年在德国杜塞尔多夫附近的尼安德特河谷一个山洞中被发现,以此作为早期智人的代表。早期智人多为穴居,以狩猎为生。他们多以石片制成尖状器和刮削器以及石刀,这种石器被称为莫斯特石器。早期智人广泛分布于欧亚等地。

晚期智人(又称为新人):是人类进化的最后一个阶段的通称。1968 年,在法国多尔多涅区的莱塞济附近一个叫作克罗马农山洞发现了晚期智人的骨骼化石,所以以克罗马农作为晚期智人的代表。晚期智人的化石在世界各地多有分布。

人类的进化和演变到了智人阶段,已和现代人没有什么太多的区别了。所谓智人,也就是"智慧之人",他们和我们一样,完全可以直立行走,有发达的头脑,与现代人相比只是文化范围的差别和进化程度高低的问题了。

生存是人类繁衍的第一需要,也是人类生存要解决的基本问题。当原始人类在与自然界的拼争中确定了自己的生存位置之后,他们所考虑的就是如何依靠与其他的动物所不同的天赋条件——思想,来争取人类本身在自然界中的地位。应该感谢那些从事于古人类学研究和其他文化研究的学者,通过他们对世界各国猿人、洞穴人化石及其文物、遗迹的发掘和研究,划分出了诸如:考古学、古人类学、洞穴学的学科,为探索人类的起源,做出了科学的论断。

考古学家以有文字记载之前存在的时代所留存的考古资料为研究对象和线索,将近 300 万年的史前史划分为石器时代(石器时代又可划分为旧石器时代、中石器时代、新石器时代)、铜石并用时代、青铜时代、铁器时代。这种时代分期的划分,是基于人类不同进化阶段的情形而提出的。如果说人类的出现及地域的分布具有全球性的意义(指适合于原始人类生存的区域),那么,不论是生活在如坦桑尼亚的舍利人,阿尔及利亚、摩洛哥的阿特拉斯人,生活在欧洲的海德堡人、尼安德特人,还是我国西南地区的元谋人、蓝田人、华北地区的北京人,他们为了生存,利用各种方式与自然界相容,甚或是奋力地抗争。他们所依靠的除了自强不息的

抗争意志之外，还利用他们发达的大脑所给予他们的思维能力。从目前发掘所得到的考古证据来看，石制品——石器，是他们最早发现并使用的用于生存的工具。

对于史前人类的了解，考古学家和古人类学家无疑为我们提供了大量的材料，如果我们再从地质学家那里获得一些材料，一定会使我们另有收获。

### 3. 地质学家的贡献

地球生物的演化过程经历了漫长的历史。从最早的原核生物（菌类及藻类）出现到以后哺乳动物的出现，以及后来人类的出现，表现的是生物演化的过程。地球的地壳运动，自地球形成至今一直也没有停止，各种地质作用不断地改变着人类生存的地球的内部和外部结构和形态。对于地球科学工作者来说，如何揭示地球演化过程中不同时期的历史现象及其演化规律，从而进行古今地质历史的对比，是一个非常重要的问题。解决这个问题的途径，就是建立一个统一的地层对比标准和界限。为此，地球科学家们经过了长期的观察研究，逐渐建立和完善了地质年代和年代地层的概念，形成了统一的地质时代的地球物质运动在不同历史时期的划分，以及生物演化在不同地质时代的表现的认识。

为了说明在地层层序确定和建立工作中地球科学家所做的贡献，我们有必要简单地回顾一下这一过程的研究历史。

18—19 世纪，在地层学方面做出重要贡献的要算英、法两国的地质学家了。法国的博物学家布丰在研究了大量化石之后，提出了生物进化和地史分期的概念。另一位学者阿贝，对化石贝类进行了详尽的研究。他根据对维瓦雷斯山脉地层和化石系统的研究，并根据生物化石组合，分出了五个层序，对巴黎盆地的生物地层研究使他获得了重要的成果。法国著名的生物学家拉马克和居维叶在巴黎盆地的生物地层研究中也取得了重要的成果。1801 年，拉马克完成了《无脊椎动物系统》专著，1809 年出版了《动物哲学》，1815 年完成了《无脊椎动物自然史》等专著。由于拉马克在生物学上的卓越贡献，他成为生物学领域尽人皆知的学者，奠定了他在生物地层研究领域的地位。杰出的生物学家和地质学家居维叶在生物学的研究方面也取得了令人赞羡的成就。居维叶曾经预言：我们将来有可能将生物界的个体排列在年代顺序中，正如排列矿物年代一样，生物学将因此大有收获。在拉马克和居维叶的研究中，生物进化的认识是明显的，他们所认定的生物学中的进化思想对古生物学和地层学研究起到了不可磨灭的作用和影响。

英国著名学者史密斯在 1816 年出版了《用生物化石鉴定地层》一书。他的功绩在于经过研究建立了生物地层学的基本原理和方法。因此，史密斯被称为“英国地质学之父”。英国学者莫企逊和薛知微也是著名的地质学家，这俩人在地层学研究中做了很多工作。1838 年，莫企逊出版了他的经典著作《志留纪》，后来，

莫企逊和薛知微两人又合作研究并命名了泥盆系。

由此可以看出，正是由于众多科学家长期的研究，逐渐完善了地层层序，并建立了地层单位的概念。关于地层单位建立的过程见表1-3。

**表1-3 地层单位建立过程表**

| | | |
|---|---|---|
| 新生界 | 第四系 | J. Desnoyers(18929) |
| | 第三系 | G. Arduino(1759), C. Lyell(1828) |
| 中生界 | 白垩系 | J. J. D'omalius D'Halloy(1822) |
| | 侏罗系 | A. Brongniart(1829), L. Von Buch(1839) |
| | 三叠系 | F. A. Von Alberti(1834) |
| 古生界 | 二叠系 | R. I. Murchison(1841) |
| | 石炭系 | R. D. Conybeare(1822) |
| | 泥盆系 | W. Lonsdale(1837), R. I. Murchison and A. Sedgwich(1839) |
| | 志留系 | R. I. Murchison(1835) |
| | 奥陶系 | C. Lopworth(1879) |
| | 寒武系 | A. Sedgwich(1836) |
| 元古界 | 休伦系 | W. E. Logan(1863) |
| | 阿尔冈系 | Von Hise(1893) |
| 太古界 | 劳伦系 | W. E. Longan(1963) |
| | 太古系 | J. D. Dana(1872) |

在地质科学中，我们所说的地质年代的概念，通常也被称为“地质时间单位”，简称“时间单位”，这是针对地质时期中如何划分时间来讲的。那么，这个时间的划分是以什么现象为依据的呢？经过地质学家的研究指出，这个依据就是随着地球历史的发展所表现出来的生物演化的不可逆和生物演化的阶段性。对于我们外行人来说，这个所谓不可逆性和阶段性是有些费解的。然而，我们知道，生物演化的规律是由低级向高级发展变化的，并且不可能出现相反的情况，这就是生物演化的不可逆性。然而生物演化的过程是一个漫长的，但又有明显的阶段划分的阶段性过程。比如说，生物演化过程中，爬行动物时代持续了160多百万年，当哺

乳动物出现后，所表现出来的是哺乳动物在发展阶段上要比爬行动物更为进化且高级，而从哺乳动物出现到比它更为进化、高级的人类出现的时期，就在演化阶段上代替了哺乳动物，就表现出了生物演化的阶段性。由此我们知道，哺乳动物在进化程度上替代爬行动物，但又被更高级的人类所替代，从而完成了一个生物进化过程，所以也就形成一个哺乳动物时代。这个时代持续的时间为 64.5 百万年左右。生物演化的不可逆性和阶段性是地球科学家长期研究的结果。地质年代的划分，由大到小分为 6 个级别，这就是宙、代、纪、世、期、时，它分别与年代地层单位的宇、界、系、统、阶、时带相对应。地质年代单位中的宙、代、纪、世是国际性的地质时间单位，在世界范围内适用；而区域性的地质时间单位则由期和时来表示，适用于大的区域。由此，地质年代单位又被分为两部分——国际性地质事件单位和区域性地质事件单位。为了更好地说明和解释理解一些基本概念问题，现在让我们来认识一下这几个级别所表现的具体内容。

(1)国际性地质时间单位。①宙是国际性地质年代划分中的第一级，也是持续时间最长的地质年代单位。它相当于国际性年代地层单位中的一个“宇”的形成时间。宙分为隐生宙和显生宙，其划分是将整个的地质时期以动物化石出现的情况为标准，动物化石出现稀少的时期为隐生宙，动物化石大量出现的时期为显生宙。②宙是一级单位，代是将宙再次划分而出现的二级单位。相当于国际性年代地层单位中的一个“界”形成的时间。在整个的地质时期中共分为两个宙5 个代。隐生宙包含太古代和元古代，显生宙包含古生代、中生代及新生代。我们前面讲到，地质年代的划分是以生物演化为依据的，自太古代至新生代这 5 个代就标志着生物演化的几个主要的阶段。③纪是国际地质年代中的基本地质年代单位。它与国际性年代地层单位中的基本地层单位“系”相对应，相当于形成一个“系”的时间。而纪是代的再划分。在地质年代表中共有 11 个纪，分别为：古生代 6 个纪，中生代 3 个纪，新生代又分为第三纪和第四纪两个纪。④世是国际地质年代中最小的地质年代单位。世是纪的再分，与国际性年代地层单位中最小的地层单位“统”相对应，相当于一个“统”形成的时间。一个纪一般分为两个到三个世，共有 32 个世。

(2)区域性地质年代单位。它包括期和时两个单位。期是世的再分，与区域性地层单位中的“阶”相对应，相当于一个“阶”形成的时间。时是最小的一个地质年代单位，与区域性地层单位中的“时带”相对应。

关于年代地层单位，它是以地层的形成时限(或地质年代)作为依据并进行划分的地层单位，又称为“时间地层单位”。年代地层单位与地质时代单位是对应

的。年代地层单位根据它的适用范围,分为三部分:

①国际性年代地层单位。包括宇、界、系、统,分别与国际性地质年代单位的宙、代、纪、世相对应。

②区域性年代地层单位。包括阶、时带,分别与区域性地质年代单位的期、时相对应。

③还有一类为岩石地层单位。它适用于一个地区的范围,又称为地方性地层单位。岩石性地层单位由大到小分为四级:群、组、段、层。这个地层单位与时间地层单位之间没有对应的关系。

一般地讲,年代地层单位之间的界限应以等时面来划分,因此,确定等时面最有效的方法就是年代对比的方法。年代对比方法包括:古生物、同位素年龄、构造运动(区域性不整合)、古地理(海陆变迁)、古地磁及古气候等方法。在这些方法中,以古生物(生物地层)的方法确定等时面最为有效。

地质年代和年代地层单位的划分和确定是地球科学工作者长期努力的结果,它为地质时期的划分和地层的确定提供了标准,建立了全球性的地层层序,并相应地建立了地质年代表。地质年代表,又称为地质时代表,依年代顺序排列,用来表示地球历史埋藏的相对时代和同位素年龄。1900 年,在巴黎举行了第八届国际地质大会,会上首次通过了国际地质年代表,后来又经过了几次修正和补充。见表 1-4、表 1-5。

**表 1-4　显生宙各代和纪的命名者及其年代**

| | |
|---|---|
| 新生代 Phillips(1841) | 第四纪 Desnoyers(1829) |
| | 第三纪 Arduino(1760) |
| 中生代 Phillips(1841) | 白垩纪 d'Halloy(1822) |
| | 侏罗纪 Von Humdoldt(1799) |
| | 三叠纪 Von Alberti(1834) |
| 古生代 Sedgwich(1838) | 二叠纪 Murchison(1841) |
| | 石炭纪 Conybeare,Phillies(1822) |
| | 泥盆纪 Murchison,Sedgwich(1839) |
| | 志留纪 Murchison(1835) |
| | 奥陶纪 Lapworth(1879) |
| | 寒武纪 Sedgwich(1835) |

表 1-5 地质年代表

| 宙 | 代 | 纪 | 世 | 代号 | 距今大约年代（百万年） | 主要生物进化 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 动物 | | 植物 | |
| 显生宙 | 新生代 | 第四纪 | 全新世 | Q | 1 | 人类出现 | | 现代植物时代 | |
| | | | 更新世 | | 2.5 | | | | |
| | | 新近纪 | 上新世 | N | 5 | 哺乳动物时代 | 古猿出现 | 被子植物时代 | 草原面积扩大 |
| | | | 中新世 | | 24 | | | | |
| | | 古近纪 | 渐新世 | E | 37 | | | | |
| | | | 始新世 | | 58 | | | | |
| | | | 古新世 | | 65 | | 灵长类出现 ★ | | 被子植物繁盛 ★ |
| | 中生代 | 白垩纪 | | K | 137 | 爬行动物时代 | | 裸子植物时代 | |
| | | 侏罗纪 | | J | 203 | | 鸟类出现 恐龙繁盛 ★ | | 被子植物出现 裸子植物繁盛 |
| | | 三叠纪 | | T | 251 | | 恐龙、哺乳类出现 ★ | | ★ |
| | 古生代 | 二叠纪 | | P | 295 | 两栖动物时代 | | 孢子植物时代 | 裸子植物出现 |
| | | 石炭纪 | | C | 355 | | 爬行类出现 两栖类繁盛 ★ | | 大规模森林出现 |
| | | 泥盆纪 | | D | 408 | 鱼类时代 | | | 小型森林出现 |
| | | 志留纪 | | S | 435 | | 陆生无脊椎动物发展和两栖类出现 ★ | | 陆生维管植物 |
| | | 奥陶纪 | | O | 495 | 海生无脊椎动物时代 | | | |
| | | 寒武纪 | | ∈ | 540 | | ★ 带壳动物爆发 软躯体动物爆发 | | |
| | | 震旦纪 | | Z | 650 | | | | |
| 元古宙 | 新元古 | | | Pt | 1000 | 低等无脊椎动物出现 | | 高级藻类出现 海生藻类出现 | |
| | 中元古 | | | | 1800 | | | | |
| | 古元古 | | | | 2500 | | | | |
| 太古宙 | 新太古 | | | Ar | 2800 | 原核生物（细菌、蓝藻）出现 （原始生命蛋白质出现） | | | |
| | 中太古 | | | | 3200 | | | | |
| | 古太古 | | | | 3600 | | | | |
| | 始太古 | | | | 4600 | | | | |

★全球生物集群绝灭事件

4. *石器的使用与制造*

利用自然界中存在的石头作为狩猎和分解食物的工具，这是史前人类的一大创举。

考古学家对原始人类创造和使用石器的情况，是通过在世界各地考古发掘的

史前人类文化遗迹的研究中得知的。1836 年，有一位叫 C. J. 汤姆森的丹麦学者对史前考古的时代进行了分期，提出了石器时代、青铜时代和铁器时代的划分原则。这个划分原则奠定了史前考古学研究的基础。这位极富商人天赋，对史前考古学有着执着和喜好的人，他不仅喜欢收集文物，后来还做了丹麦皇家北方古物博物馆馆长。正是在他当馆长期间，他的史前考古学三段分期法被用于古物陈列，并被考古学界所使用。

我们知道，石器是旧石器时代的原始人类所使用的工具。石器时代是一个漫长的时代。有人做过研究，从二、三百万年前开始到距今一万年左右的新石器时代，是整个石器时代中持续时间最长的时期，占人类历史的 99.8%。石头在自然界中随处可见，在地质学的术语中称为“矿物”。正是这些石头，不知什么时候，也可能是比较坚韧的石头划破了原始人的手或脚，让他们在无意识中发现了石头的作用，从而有意识地通过敲或打的方式把这些石头打磨成石器，用于原始人类的社会生活。不管事实如何，这真是一个伟大的发现，也是人类第一次伟大的发明。

在已发现的石器文化分布中，石器文化分布的范围很广。欧洲、亚洲、非洲的很多地域都有遗存。经学者们研究，那些用于制作石器的石头有燧石、石英、黑曜石、角石，还有些是坚硬的砂岩。原始人类对这些种类的石头很显然是经过了质地硬度的比较后选用的。这个过程就是人类最初对自然物质的认识过程。而对这些天然物质进行打制并使其成为工具的过程，则是人类最初对自然物质的利用过程，是技术出现的初始形态。石器的使用也表明了人类社会劳动的开始。当原始人类在社会活动中逐渐认识了矿石，并依靠经验的积累区别出不同种类的矿物的性质、节理的不同，制作出各类工具，同时利用打制、磨研等技术手段制作出锋刃锐利的石器工具的事实，说明了人类进化的脚步不断加快，同时推动了社会的进步发展。

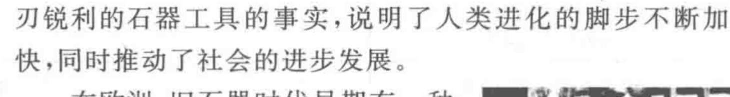


图 1-8　阿舍利燧石手斧

在欧洲，旧石器时代早期有一种阿布维利文化。这种文化的命名，是因为在法国北部索姆河边的阿布维利附近发现的人类早期文化。阿布维利文化是典型的手斧文化，发现的代表性石器手斧，经研究是用火石结核打制而成的。见图 1-8。



图 1-9　裴文中抱着“北京人”头盖骨

在中国，最具代表性的旧石器文化是 1929 年 12 月在北京周口店发掘的“北京人”。见图 1-9。在发掘过程中，发现了“北京人”使用过的石器，还发

现了用火的遗迹。这充分说明了“北京人”已经会制造和使用石器。见图1-10、1-11。我国著名的考古学家,地质学家裴文中对石器时代的文化和艺术做过深入的研究,对中国史前文化与欧洲史前文化做过细致的比较研究。见表1-6、1-7。

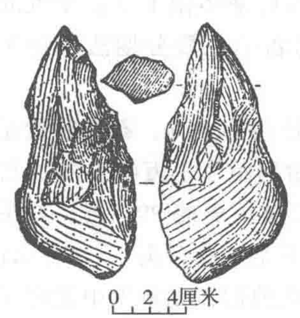



图1-10 周口店第15地点出土的绿砂岩砍砸器




图1-11 周口店第15地点出土的燧石长边刮削器

**表1-6 中国史前文化与欧洲史前文化气质比较**

<table>
<tr><th rowspan="2">距今年代之估计</th><th colspan="2">人类化石</th></tr>
<tr><th>中国</th><th>欧洲</th></tr>
<tr><td>纪元前一〇〇〇年</td><td colspan="2" rowspan="5">真人<br>(Homo sapiens)</td></tr>
<tr><td>纪元前二〇〇〇年</td></tr>
<tr><td>纪元前五〇〇〇年</td></tr>
<tr><td>纪元前七五〇〇〇年</td></tr>
<tr><td>二五〇〇〇年</td></tr>
<tr><td>由 五〇〇〇〇年<br>至七五〇〇〇年</td><td></td><td>尼安德特人<br>(Homo neanderthalensis)</td></tr>
<tr><td>由七五〇〇〇年<br>至一二五〇〇〇年</td><td rowspan="2">中国猿人<br>(Sinanthropus Pekinensis)</td><td>海德孛哥人<br>(Homo heidebergensis)</td></tr>
<tr><td>由二五〇〇〇〇年<br>至四〇〇〇〇〇年</td><td>曙人<br>(Eoenthropus dawsoni)</td></tr>
<tr><td>?</td><td></td><td></td></tr>
</table>

表 1-7　中国史前文化期与欧洲史前文化期之比较

<table>
<tr><th colspan="5">人类文化之分期</th><th colspan="3">地质上之分期</th></tr>
<tr><th>中国</th><th colspan="4">欧洲</th><th colspan="3"></th></tr>
<tr><td colspan="5">文字时代</td><td colspan="2" rowspan="4">地质学上之现代 (Geologic Present or Holocene)</td><td rowspan="11">第四纪 (Quaternary)</td></tr>
<tr><td colspan="5">铁器时代</td></tr>
<tr><td colspan="5">铜器时代</td></tr>
<tr><td>仰韶文化期</td><td colspan="3">新石器时代</td><td rowspan="9">石器时代</td></tr>
<tr><td rowspan="2">?</td><td>阿奇文化期 (Azilian)</td><td rowspan="4">后期</td><td rowspan="7">旧石器时代</td><td rowspan="4">后期</td><td rowspan="7">更新统 (Pleistocene)</td></tr>
<tr><td>马格德林文化期 (Magdalenian)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">周口店山顶洞文化期</td><td>梭鲁特文化期 (Solutrean)</td></tr>
<tr><td>奥瑞聂文化期 (Aurignacian)</td></tr>
<tr><td>河套文化期</td><td>莫思耶文化期 (Mousterian)</td><td>中期</td><td>中期</td></tr>
<tr><td rowspan="2">周口店猿人文化期</td><td>阿啥文化期 (Acheuiean)</td><td rowspan="2">前期</td><td rowspan="2">前期</td></tr>
<tr><td>舍利文化期 (Chellean)</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">古石器时代 (Eolithic)</td><td colspan="2">上新统 (Pliocene)</td><td>第三纪 (Tertiary)</td></tr>
</table>

尽管我们不能确切地了解原始人类石器制造的过程，但研究结果表明，大多数的石器是由比较习惯于用右手的人制作的。譬如周口店的“北京人”，他们把认为可能制成石器的石头，从居住地附近的河床或山地搜集到他们居住的洞穴中，以便在需要的时候制成石器。他们利用一块大而厚的石板作为砧板，用可握的石头作为锤石，用来击打敲裂捡回来的石头，以便制成砍砸器或刮削器。在“北京人”所处的文化层中发现了数以千计的人工敲碎的石块就是一个证明。

# 二、古代西方的地学思想



生活在科学技术日新月异的时代，人们尽享科学的发明，技术的发展带给我们的恩惠。仅仅几千年的时间，人类从野蛮到文明的发展脚步，与史前的文明所走过的路程相比，不知加快了多少倍。

大约距今2000—3000年的古代社会，是我们引以为自豪的时期。在那个时期，东方和西方几乎同时出现了许多伟大的思想家、哲学家。这些伟人当中，有我们熟悉的孔子，那时他正在周游列国的途中，为宣扬他的思想而不遗余力；有印度的释迦牟尼，他正在印度阐释佛理；还有中国道家的始祖老子（“名耳，字聃，姓李氏。”《史记·老子列传》）已经写完了他的精妙论著《道德经》。在西方，与东方和中国的诸子百家相辉映，古希腊时期出现了诸如泰勒斯、苏格拉底、柏拉图、亚里士多德等一大批伟大的思想家。不言而喻，那是一个伟大的年代，一个奠基哲学的哲学家的时代。由此可以说明，文明与文化是不分地域的，作为人类文明的伟大遗产，当社会发展出现了适合科学与文化产生的土壤的时候，文明与文化的产生是必然的。

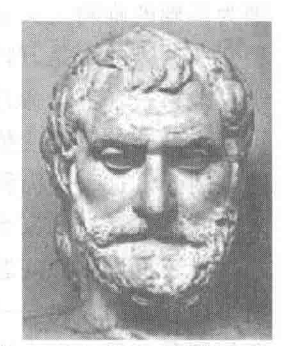
## 星耀千秋的古希腊

古希腊在人类科学发展的过程中，永远是一个不灭的亮点。大约在2500年以前，地中海清新的海风吹过古希腊海港，给希腊这个三面临海，半岛和岛屿众多的海洋国度播撒了清新的空气。生活在那里的人们，尤其是那些思维开阔，善求哲理的思想者，似乎被这沁润的阳光和空气洗涤，在他们的思想和行为中充斥着新的意识和认识。他们想的事情都是有关天地如何生成？夜空中那闪闪发光的亮点是什么？火是什么？火为什么会燃烧？等等问题。

由于得天独厚的地理环境，众多的港湾和岛屿为古希腊的航海经济提供了便利，他们借此可以到处旅行，开展贸易，并不断地开拓殖民地。在此过程中，锻炼和培养了古希腊人的空间意识和与此有关的几何学知识。更由于希腊当时的社会结构实行的是城邦制，几百个各自独立的城邦松散地联合在一起，各自有自己

的中心和相对独立的区域文化，这就使得生活在这里的人们思想开放，就像中国的春秋战国时期，百家争鸣是这个社会氛围和谐、民主、自由的表现。这是有利于产生创新思想的土壤。

1. 泰勒斯——最早提出万物源于水的人


图 1-12　泰勒斯

泰勒斯是一个传奇式的人物。凡是谈到古希腊科学和哲学家的时候，第一个谈到的就是泰勒斯。图 1-12。在古希腊有七位影响深远的人，他们被称为古希腊“七贤”，即泰勒斯、毕达哥拉斯、恩培多克勒、梭伦、苏格拉底、柏拉图和亚里士多德，第一位就是泰勒斯。有人说泰勒斯是古希腊第一个自然哲学家，因为他的学识和智慧使他成为政治家、工程师、数学家和天文学家，当然，这并不影响他是一个商人的身份。

泰勒斯生于公元前 624 年，卒于公元前 547 年。他的家庭是米利都(现土耳其的南海岸)的名门望族。富有，是泰勒斯家族的特征。很显然，泰勒斯之所以能够在当时的地中海地区游历，一方面可能与家族遗产有关，另一方面也可能与他的商人身份有关。泰勒斯是一位很有创见的人，一般情况下，他不会把别人的话作为自己认识的定论。他很乐于和他人讨论问题，但在对事物认识的解释上，他严格地恪守观察和推理的原则，而不遵循宗教所给出的神秘的带有预言性的启示。正因为如此，人们把泰勒斯对世界物质的思考和对周围世界变化的逻辑性推理作为科学诞生的标志。因此，后人给了他一个美好的褒奖——科学之父。

我们不怀疑泰勒斯的才华，更不怀疑他在几何学、天文学方面的能力。我们所看重的是他关于世界本源的理论和见解。因为这与地学思想有渊源的关系。

对于世界的本源，万物如何生成这样的问题，泰勒斯本人给予了十分的关注。他依照自己的观察和思考，对“世界究竟是由什么组成的”这一问题，给出了自己的见解。他觉得，在人类生存的物质世界里，无论是固体、液体，还是蒸气都与水有关，可以说它们是水的存在形式。由此，他推断水是万物生成之源。这种说法，依我们现在的认识来推断，可能是与泰勒斯生活的地理环境有关，也与他在地中海地区的游历有关。根据这一论断，泰勒斯进而提出了一个宇宙的模型，他想象的地球是一个扁平的圆盘，这个圆盘就像是漂浮在水中的一块原木。尽管这个圆盘很小，且有边界的限制，但它却是宇宙的中心。那么，天空是什么呢？他解释为，天空是由稀而薄的水汽所形成的盖子，而宇宙的四周则是被巨大的水域所包围。泰勒斯由此解释了为什么大陆周围有海洋，陆地上为什么会有河流，天上为什么会下雨等问题。

或许泰勒斯不会想到后人对他的敏锐思维和大胆设想所给予的赞羡，但不可否认的是，他的思想，他的推论的确开启了科学思维的大门。他的关于世界本源的见解，在古代地学思想领域内，开启了有别于宗教思想，同时确立了以观察、推理为基础的唯物主义的认识方法。我们将其称为唯物主义"元素论"的肇始。泰勒斯所认为的水是万物本原的观点，有着重大的意义，因为这种思想是古希腊哲学史上第一个哲学命题，哲学就是从这个命题开始的。

泰勒斯的智慧使他的名望快速传播，很快，在他的周围聚集了大批与他志同道合的人。这个崇尚科学、探讨真理的群体，人们习惯地称为"米利都学派"，因为米利都是泰勒斯的家乡。

对于世界本源问题的探讨，循着泰勒斯的思路，米利都学派中两个如同泰勒斯一样著名的人物——阿那克西曼德和阿那克西米尼继承了泰勒斯的衣钵，并有所创新和发展。有人说这两位人物是泰勒斯的学生，也有人说阿那克西曼德是泰勒斯的侄子。这个问题至今没有确切的考证。但他们无疑都是泰勒斯的追随者。

阿那克西曼德接受了泰勒斯"万物生成于水"的观点，但他对于世界本源问题的思考又与泰勒斯有所不同。他认为万物的起源来自于一种没有固定的形态，和不能确定其性质的原始物质。既然没有固定的形态，又不能确定性质，那么这种原始物质是什么呢？他冥思苦想一番之后，觉得用"无限"一词来概括这种原始物质最为恰当。因为"无限"既无边际又是在运动的。这种运动的形式，就是当"无限"受到冷或热的影响时，会产生变化，会形成我们生活中常见的水、土、气、火四种元素。很显然，阿那克西曼德的见解的确发展了泰斯勒的唯物主义的"元素论"的思想。

阿那克西曼德生卒年代不详，存世时间大约是在公元前610年—公元前545年左右。有关这位学者的生平事迹，由于年代久远，并没留下更多的可考资料。据说他是希腊第一个绘制地图的人。他所绘的地图，表现的是整个地球，地球是球体的概念就源于他的构想。因此，学者们都接受这样一种认识，托勒密所绘成的"宇宙图"很显然是受到了阿那克西曼德的影响。可惜，至今我们也没有见到阿那克西曼德所绘的"地球全图"。这不能不说是无法挽回的遗憾。

我们再来说说阿那克西米尼。这位名声很大的学者是阿那克西曼德的学生，生存年代大约是在公元前570—公元前526年前后。他之所以被人们称赞，是他关于"气是万物之源"的思想。他的认识与他的老师阿那克西曼德的水、土、气、火的四大元素观点是有关联的。气是一种自然物质，存在于任何地方，因此，这种无处不在的"气"是一种自然界的力量。这种东西是运动的，可转化的，我们生存的地球就是由"气"转化而来的原始的世界。所以，自然万物都是由"气"演变而来，

包括我们人类。看来，米利都学派的哲学家都具有无限的想象力，据说，阿那克西米尼运用他关于气的运动的理论设计了他所想象的宇宙。

2. **赫拉克利特——火是万物的本源**

对自然界物质的认识和利用是人类进化的标志，此前我们提到的原始人类对岩石的利用和对火的发现和利用就是明显的证明。火的发现为人类带来了光明和物质生活质量的改变，对火的关注和观察自然成为早期的自然哲学家们所关注的焦点。

基于火的特殊性质，在古希腊，一位叫赫拉克利特的学者(图 1-13)对火产生了极大的兴趣。他经过观察研究，大胆地提出了“火是万物本原”的观点。

赫拉克利特生活在公元前 540—前 480 年前后，出生在古希腊城邦的爱菲斯城邦王族家庭。按照城邦制的规定，赫拉克利特是应该继承王位的，但不知什么原因，他把这个本应属于他的位置让给了自己的兄弟，他自己却做出了到神庙去隐居的决定。

图 1-13　赫拉克利特

赫拉克利特继承了米利都学派的思想，承认并支持毕达哥拉斯的学说。在他的观念里，火是万物的本源，宇宙不是神也不是人创造的，宇宙的生成源于一团永恒的火。火作为基础，世界万物形成于火又复归于火。他认为，火生大海，海生大地和热气，上升的水汽燃烧而形成了太阳。很显然，赫拉克利特的观点是源于米都学派的唯物主义的元素论。不过，他的学说之所以有别于之前的元素论，还在于他的另一种认识——“逻各斯”(希腊语为“理性”)。他所认为的这种逻各斯所持有的是一种宇宙的秩序，火是诸元素之中最为基础的元素，而这个火是没有形体的物质，但它遵循的是按照一定的形式燃烧，并按照一定的形式熄灭，更为重要的，他认为这个火是运动的。由于火的运动，促成了世间万物的运动，这就是理性。

赫拉克利特的思想很显然已经有了哲学上的对立统一的认识，并认为宇宙间充满了对立和矛盾，他把这种对立和矛盾看作是万物发展变化的基础。根据这样的认识，赫拉克利特提出了宇宙是永存的，也是不断变化的观点。由此他提出了著名的宇宙形成的二心说(图 1-14)。仅此一点，他被认为是天体运行论最早的提出者，也是朴素的辩证思维的奠基人。

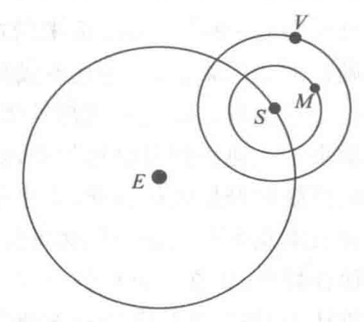


图 1-14　赫拉克利特的二心说

关于火是万物之源的认识，除了赫拉克利特之外，持此观点的人还有恩培多克勒。

恩培多克勒是公元前485—公元前425年生活在意大利的哲学家。按学术群体说，恩培多克勒属于南意大利学派。他是一个十分神秘的人。青年时代，他曾全身心地投入到政治斗争之中，成为反抗暴政的领导者而得到人民的拥戴。但他不愿在政治斗争中久留，因为他认为自己是一个哲学家，要把更多的时间用于哲学的研究。

在宇宙形成，万物起源问题的认识上，恩培多克勒与赫拉克利特的认识是相同的。但他更强调宇宙的形成是由于水、火、气三种元素综合在一起，再加上第四种元素土，成为四种基本元素，他把这四种元素称为“万物之根”。这四种元素是不变的，只是由于它们的融合作用而产生出了过去、现在和未来一切物质。经过研究，他提出了地球的核心是温度极高的火热的液体的推论。这样的认识是有别于赫拉克利特的观点的。但从他的学说中，我们很自然地感觉到恩培多克勒是受到了毕达哥拉斯的影响。

### 3. 毕达哥拉斯——以“数”为基础的宇宙观

在古希腊，米利都学派的影响是很大的，正如人们一提到米利都学派就会想到泰勒斯、阿那克西曼德等一批著名的人物。然而，还有一位著名的哲学家——毕达哥拉斯(图1-15)，他的名气甚至超过了泰勒斯。


图1-15 毕达哥拉斯

毕达哥拉斯是晚于泰勒斯的一位学者，生存年代约在公元前580—公元前500年。他出生在离泰勒斯的故乡米利都不远的萨摩斯岛。据说泰勒斯非常喜欢毕达哥拉斯，见他聪明过人很是高兴。但那时泰勒斯年事已高，不能亲自授业，便把他推荐给了自己最得意的学生阿那克西曼德，他还希望毕达哥拉斯能够像自己年轻时一样，以多游历来增加自己的阅历。据此来推论，毕达哥拉斯应该是泰勒斯的关门弟子了(他比泰勒斯要小50岁)。

毕达哥拉斯在米利都学派学习了一段时间后，就听从泰勒斯的教诲到埃及游学去了。他还到过巴比伦等地。大约在公元前559年，毕达哥拉斯在意大利南部的克曼顿开始收徒授业，从事科学活动。毕达哥拉斯乐于观察和实验，他的学派称为南意大利学派。毕达哥拉斯的学术成就是多方面的，作为一位自然哲学家，他在数学、天文学方面的研究为后人留下了珍贵的遗产。他同时代的人给他的评价认为，毕达哥拉斯进行的研究和探讨，比所有其他人的都要多，他靠博学和粗劣

的技术形成了他的智慧。

在关于地球起源的问题上，毕达哥拉斯提出了以"数"为万物之基础的观点。认为宇宙以"数"为基础贯穿于一切事物，他的名言就是"数即万物"。据说毕达哥拉斯这种数即万物的思想，其灵感来自于铁匠打铁时发出的有节奏的声音。他经常到铁匠铺去听铁匠干活时奏出的声音，比较不同重量的铁锤击打之后所发出的声音的比例关系，从而认定各音调的数学关系，并以此来确立关于宇宙的理论。这真是一个奇妙的想法和推论。

毕达哥拉斯的宇宙观是以火为中心的，认为宇宙中的一切事物，包括地球、月亮、太阳，都围绕着这个"火"旋转。环绕着这个"中心火"，它的周围有十大天体（因为10是一个完美的数字），按照他们与"中心火"的距离远近，毕达哥拉斯将其依顺序排列为：对地、地球、月亮、太阳、水星、木星、金星、火星和恒星群。这些天体遵循着数的音律运动，而在可以看到的宇宙的边缘是一个火圈，最外层则是无限的由火和热发出的嘘气。毕达哥拉斯描绘了一幅生动的宇宙运行画面，他认为"中心火"即是宇宙的中心和支撑体，同时又是光和热的源泉。

毕达哥拉斯"中心火"的思想，只是一种猜测。这种猜测既不同于"地球中心论"，也不同于"太阳中心论"，因为这个火指的既不是地球也不是太阳。但是不可否认的是，这种天才的猜测为"地心说"和"日心说"提供了素材。科学家们认为毕达哥拉斯的这种地球只是宇宙中一个运动着的普通天体的观点，是关于地球运行的第一个猜测，也可以称为一种假说。见图1-16、图1-17。

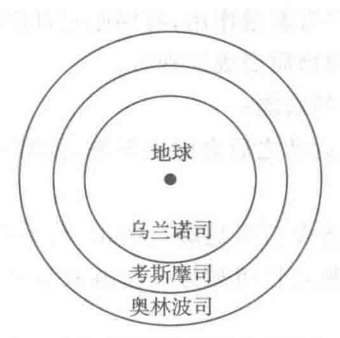


图1-16　毕达哥拉斯的宇宙图像

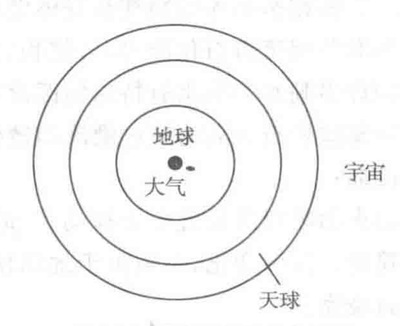


图1-17　毕达哥拉斯的宇宙图

毕达哥拉斯用他"数即万物"的认识观察自然界，认为物体只有形式上的变化，万物是一个和谐统一的整体，生是变的开始，死是变的结束，不管物体如何改变，物体的总和是不变的。譬如说海陆变迁，过去是陆地的地方，现在已被海水所淹没，新的陆地又从海里露出来；比如说埃特纳火山虽然经常在喷发，但它过去必然有不喷发的时候，它不会永久地喷发不止。毕达哥拉斯这种解释是一种活动论

的观点，因此它对地球现在正在变化着的现象的原因，给出了一个有价值的概括。他的这种结论是非常难得的。

有关学者对毕达哥拉斯对自然界的观察和认识做了以下方面的统计：

(1)陆地变为海；

(2)海变成陆地；

(3)流水掘出了河谷，河水把山冲入海里；

(4)泥沼变成了干燥的陆地；

(5)干燥的陆地变成了停滞的水潭；

(6)在地震时，有些泉水封闭了，新的泉水涌出，河流放弃了原有的河床，而在其他地方又再生一条河流，如希腊的依拉新纳斯河和亚洲的麦失斯河；

(7)有些河水以前是甜的，现在变苦涩了，如希腊安尼格里斯河；

(8)由于三角洲和新沉积物的扩大，岛屿和陆地连接，例如，安提沙岛和雷斯波相连，法哥斯岛和埃及相连；

(9)半岛脱离大陆而形成岛屿，如留卡地亚岛；据传说，西西里岛也是如此，其间地峡已被海水冲蚀；

(10)地震使陆地沉入海底，如在海水下面发现了希腊城市海里斯和玻里斯；

(11)幽闭在地下的空气，因为寻找出口而使平原隆起，形成山丘，如彼罗潘尼失斯的特里森山；

(12)泉水的温度各时不同，有些泉水可以燃烧，有些泉水使毛发变成琥珀和金黄色。有些则影响人的精神和身体健康，有些有刺激作用，有些则有催眠作用；

(13)有些河流有石化能力，可使和它接触的物质变成大理石；

(14)许多湖水和泉水有特殊的医疗和毒害的效能；

(15)某些岩石与岛屿经过漂流和遭受剧烈运动之后会固定下来，像第罗斯和塞安尼群岛；

(16)火山喷口的位置也会移动；有时埃特纳火山不是燃烧的山，将来也会完全停止喷发。这种变化，不是由于地动使某些洞穴封闭和另一些洞穴裂开，就是由于燃料烧完。

我们说，毕达格拉斯的观察是非常仔细而详细的。这些观察非常鲜明地表明了毕达哥拉斯的理论有着基于亲自考察而得出的深度的思考。还有一点不能不和大家讲，毕达哥拉斯在数学方面最大的贡献就是著名的毕达哥拉斯定理（在中国称为“勾股定理”）。据说，毕达哥拉斯定理被证明以后，他们的学派上下一片欢腾，为了庆祝这个伟大的证明，毕达哥拉斯决定宰杀一百头牛，设百牛宴，全派上下雀跃庆祝。所以，毕达哥拉斯定理在中世纪也被称为“百牛大祭”。

### 4. 亚里士多德的地球形成观

公元前 384 年，一位伟大的学者诞生在希腊北部的斯塔吉拉城，他就是被称为百科全书式的人物亚里士多德(图 1-18)。


图 1-18　亚里士多德

亚里士多德在地球形成方面的见解我们稍后再说。既然说他是百科全书式的人物，那我们先看一看他的研究所涉及的领域：政治，经济，哲学，伦理学，美学，历史，数学，以及当时自然科学所涉及的天文学，物理学和生物学等所能涉及的领域。据说他的著作多达一千多卷，他被认为是历来最博学多才的科学天才之一，是古希腊哲学的集大成者。

从亚里士多德的学识和研究领域来看，他自幼应该是一个爱学习，爱科学的孩子。他的父亲是一位医生，也是他的第一位老师。亚里士多德的世系是希腊颇有名望的医学世家，他的父亲和马其顿王是朋友，而亚里士多德则是马其顿王的孙子(后来赫赫有名的亚历山大大帝——亚历山大)的授业老师。

作为思想家，亚里士多德的研究和思想始终是在理性的框架下运转的。关于地球及宇宙的成因，亚里士多德也沿袭了他理性的思维而具有独特的见解。首先，他分析了前人关于宇宙成因的认识，肯定了泰勒斯提出的水是万物本源的见解、阿那克西米尼关于气是万物本源的思想、赫拉克利特所坚持的火是万物本源的观点，还有恩培多克勒提出的水、气、火、土四根说的理论，亚里士多德无疑是赞同前人研究成果的，但就这些元素是以什么样的动因生成了地球及宇宙，他按照自己的观点提出了自己的理论——四元素四性说(图 1-19)。

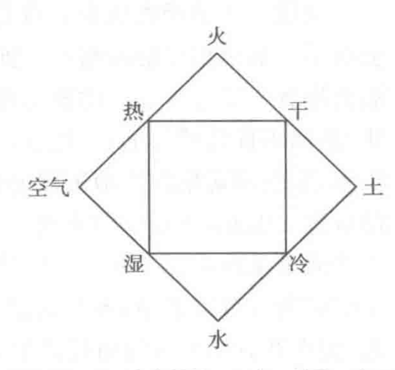


图 1-19　亚里士多德的四元素四性说示意图

按照亚里士多德的理论，产生世间万物的元素水、气、火、土，各自具有两种特性，火——热和干，水——湿和冷，气——热和湿，土——干和冷。这四种元素所各自具有的特性，按照循环的规律进行运动，就是地球和宇宙产生的原因。他认为按照他的理论解释宇宙成因是成立的，说得通的。因此，他对自然界存在的现象做了这样的解释。这四种元素在地球的表面和地下形成大量的蒸汽和烟气，蒸汽和烟气在地表上的形态就是陆地和水，经过太阳的照射，水蒸发变为云，大地就产生烟气而后升入高空。那么，同样在太阳的照射下，地下(地内)也形成蒸汽和

烟气，这两种气被封闭在地下不能发散，从而形成岩石和金属。亚里士多德的这种认识，被地质科学家们认为是早期的岩石成因天体作用论。

你看，亚里士多德的理论架构是不是具有自圆其说的逻辑推理的味道呢？这不足为奇，因为在古希腊罗马的哲学体系中，亚里士多德是逻辑学的创造者，对于他的学术贡献，恩格斯曾做出了很高的评价。恩格斯认为，亚里士多德已经在研究辩证思维的极重要的形式。辩证法的因素，明显地表现在他对可能性和现实性，形式和内容的关系等问题的提法上。他力求把思维形式和存在联系起来，而不是分开的，并力图按照客观实在来阐述逻辑的范围。

在亚里士多德众多的著作中，有一本叫作《气象论》的书。在这本书中，表现了他的地质思想和关于地质现象的见解。

首先，他认为地球物质的变化具有周期性。譬如，在地球上的同一个地方，不会永远是陆地或者是海洋。海洋会在过去是陆地的地方出现，而陆地也会在一定的时候出现在过去是海洋的地方。他坚持认为，这种变化是按照一定的规律进行并具有一定的周期性。这种海洋与陆地交互变化的思想，是他独到的见解。他认为地球上水的总量是不会改变的，而是伴着陆地与海洋的相互交替运动，产生形式上的变化而已。因此，学者们认为这种观点是亚里士多德四元素四性说的核心所在。

亚里士多德始终认为地球是一个球体。他说，如果地球不是球形的，那么月食就不会显示出弓形的暗影。如果月食是由于地球处于日月之间的位置，那么暗影的形状一定是因地球的圆周而造成的，因而地球必定是圆形的。观察星星也表明，地球不仅是球形的，而且也不很大，因为只要我们向南或向北稍微改变我们的位置，就会显著地改变地平圈的圆周，以致我们头上的星星也会大大地改变它们的位置。由此，当我们向北或向南移动时，我们看见的星星也会不一样。某些星星在埃及和塞浦路斯附近可以看见，在较北边的地方就看不见，而在北方国家连续可见的星星，在其他国家就可以观察到它们的沉落。这就说明，地球不仅是球形的，而且其圆周也不大，因为，要不然的话，位置的些微变化不可能引起这样直接的结果。根据这些论据，我们必然得出结论，地球不仅是球形的，而且同其他星球相比是不大的。在亚里士多德的时代，他能够依据自己的观察和推断，提出他的地球形成理论，不能不说是他的理性推理的结果。见图 1-20。

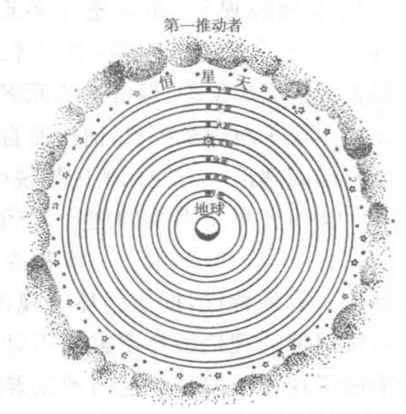


图 1-20　亚里士多德的宇宙体系

在《气象论》一书中，亚里士多德还涉及了与地学相关的关于热矿泉，关于岩石成因等问题，关于地震成因的理解，并且对关于自然灾害等问题都有论述。有兴趣的读者可以查阅一下亚里士多德的《气象论》，或许还可发现关于地球形成问题的新的认识。

亚里士多德是柏拉图的学生。在柏拉图学园学习和工作长达 20 多年的时间，与柏拉图建立了非常密切的师生情谊。然而，他与老师柏拉图在对待科学问题上的认识和见解有所不同。亚里士多德坚持自己在对待科学问题上的认识和观点，他把自己在一些问题上与老师的意见有所不同，认为是正常的学术争论。随着他的学识和声誉的提高，亚里士多德建立了与柏拉图不同的哲学体系，也建立了自己的学派——吕克昂学园。然而，当人们问起他与老师在学术及友谊方面的问题时，他很平静地说，我爱我师，我更爱真理。听了他的回答，人们不再怀疑亚里士多德的科学态度和做人的原则，而对他和柏拉图对待科学问题的态度不由得感到钦佩。在他和老师之间，科学和友情和谐地交融在了一起，因此，在历史上亚里士多德和柏拉图交相生辉，在科学史上成为一段佳话。而“我爱我师，我更爱真理”则成为他的一句名言。

后人对亚里士多德的评价或许是公允的，有学者说，一部欧洲思想史就是对亚里士多德的诠释史。黑格尔对亚里士多德的评价是，如果真有所谓人类导师的话，就应该认为亚里士多德是这样一个人。

公元前 322 年，亚里士多德在凄凉中去世，终年 62 岁。

### 5. 伟大的科学猜想——最早的原子说

在古希腊众多科学家汇聚的群星灿烂的时代，原子说的出现是星空中最耀眼的亮点。如果说这个伟大的猜想令人振奋，那是由于古希腊的科学家们对于宇宙形成假说的探索达到了一个划时代的顶峰，而这个顶峰又汇聚了诸如恩培多克勒，阿那克萨科拉，留基伯，德莫克利特，伊壁鸠鲁等人的无穷智慧。

你知道，科学的探索和成就的取得，不是一个人的行为所能解决的，而是一个时代或者是几代学者经过潜心研究，接近或达到一个完整的比较系统的科学理论或假说的形成。原子论的形成也经历了这样的一个过程，留基伯和德谟克利特是这个过程中重要的节点。因为，留基伯是最早提出“原子”概念的人，而对“原子”做出解释，并系统地对原子论进行阐述的是德谟克利特。所以德谟克利特被认为是原子论的创立者。

德莫克利特是苏格拉底学派的学者，公元前 460 年出生于色雷斯的亚伯德拉。他的父亲是一位商人，家中不缺的只是财富。德莫克利特在他的孩提时代受到了良好的教育，据说他的教育背景源自于他的父亲曾经接待过当时的波斯王薛

西斯。波斯王薛西斯出于对德莫克利特的父亲对他细心周到的接待的回报，临走时嘱咐他的侍从让他宫里的学者去做德莫克利特的老师。至于这个老师是谁，已经无从考证，但受到良好教育的事实，通过德莫克利特聪慧的表现，人们是完全相信的。见图1-21。


图1-21　古希腊哲学家德谟克利特

德莫克利特对于知识的渴望超过了世界上的任何其他东西。他的父亲死后，他把土地留给自己的弟兄，把应属于自己的那一份财产兑换成现金，开始了他周游世界的求知路程，以满足他对知识的渴望。他到过埃及，还到过埃塞俄比亚、波斯和印度。有了这样的经历后，他自己很骄傲地向别人炫耀，我是我的朋友中旅行最多的人，我把考察的范围延伸得最远，我到过很多的国家，了解了所到之处的风土人情，听到过很多有学问的人的讲话。他的自鸣得意引来了人们对他的嘲讽和不悦。人们觉得给他一个"笑哈哈的哲学家"的称号可能更为贴切，因为一个不务正业，散尽钱财而去做毫无意义的事情的人，只能是一个疯子。在当时，也有些好心的人，为他请来了当时最有名望的医生希波革拉底为他治病。当希波革拉底到来的时候，德谟克利特又笑了。因为好心人的行为促成了他和希波革拉底的友谊。本来，这些好心人请名医来是为德莫克利特治病的，但谁也没有想到，希波格拉底临走时已成为对德莫克利特这个天才真诚的仰慕者了。

公元前370年，德莫克利特已是90岁的高龄，他带着他的博学，带着他的原子论，带着他在人们心目中的声望，还有贫穷，高高兴兴地走了。

好啦，我们还是回到他的伟大的原子论假说上来吧。

在德谟克利特之前，很多人对构成世间万物"本源"的问题作过探索。古希腊最早的原子论思想可以追溯到恩培多克勒创立的"四根说"。恩培多克勒的认识比泰勒斯和赫拉克利特等人单一的"水"、"火"是万物本源的思想有了很大的进步，因为他用"四根说"可以解释世界的多样性的问题。但是，恩培多克勒的"四元素"本身是彼此孤立的，不能相互转化的，这就造成了他的认识的局限性。

继恩培多克勒之后，阿那克萨科拉提出了"种子说"。阿那克萨科拉认为"种子"是构成世界万物的最初元素，它具有各种不同的性质，数目无限多，体积无限小。种子具有颜色和气味等各种形式，它们的结合构成了世界千差万别的事物。但是阿那克萨科拉认为种子本身是不动的，引发种子相互结合和分离的力量是种子之外的一种东西。这种东西他称之为"奴斯"("奴斯"是阿那克萨克拉提出的哲学用语，意为"理性")。阿那克萨科拉的认识比恩培多克勒的思想又进了一步，对

留基伯和德谟克利特的影响很大,成为他们提出原子论重要的思想来源。

留基伯提出了原子论的基本概念,认为世间的一切事物都在遵循着因果关系而存在,没有什么事情会无缘无故地产生,一切事情的发生都有其原因和必然性。

德谟克利特认为,万物的本源是一种自身不变的物质元素。什么是自身不变的物质元素呢?德谟克利特认为是"原子"。"原子"一词,希腊文的意思是"不可分割"。在他看来,原子是一种最小的,不可见的,不可以再进行分割的物质微粒。原子存在的空间叫作"虚空",宇宙是由分布在无限空间中的无数原子构成的。见图1-22。德谟克利特坚持认为,原子是不能被创造出来的,是永恒存在的物质。原子可以在质的方面相同,但在形状、大小、位置和排列上可以不同。原子不可以被渗透,他们始终处于经常的结合和分离的运动过程中,世界万物就是由此产生的。他还认为,没有原子存在的地方,那里就是真空。

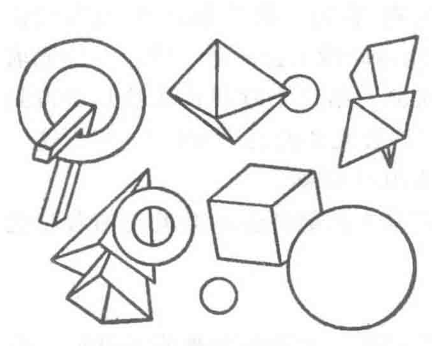


图1-22 德谟克利特所理解的原子,质相同,而形状大小各异

从恩培多克勒到德莫克利特,原子论的形成展示了一条美妙的曲线。这条曲线中的每个节点都凸显着科学家们深邃的目光和思想的智慧。

德莫克利特的原子论研究到此并未结束。古希腊晚期的自然哲学家伊壁鸠鲁丰富了古希腊的原子说,其中最重要的是伊壁鸠鲁提出了原子有重量的重要思想。伊壁鸠鲁对原子论进行了总结和概括,他认为:

第一,原子不仅有大小的区别,还有重量的不同;

第二,原子的数量是无限的,但它最初的大小和重量又是有限的,最大和最小的原子都处于一定的界限之中,不会无限大,也不会无限小;

第三,原子因为有重量,所以会沿着垂直轨道做下降运动,但由于下降运动过程中各种原子相互排斥,所以会产生原子沿着偏斜轨道运动。

伊壁鸠鲁为原子论画上了一个句号。在此后长达2000年的时间里,没有其他的理论将其代替。

## 希腊化时期的地学家群体

在介绍本节的内容之前,请允许我们对有关概念作一下说明。或许你已经发现,在本节的标题中出现了"希腊化"的字眼,你可能感到不理解,我们要谈的就是这个问题。

公元前7世纪至公元2世纪这近800年的时间,是人类历史上极其辉煌,值

得自我炫耀的时期。因为在这一时期的古希腊产生了近代科学意义上的科学思想。然而，这近800年的时间，我们称其为古希腊时期是从科学史的角度来说的。这个古希腊既不同于地理意义上的现代希腊，也不仅指政治历史意义上的古希腊，它表现的是科学史上的一个时代。这个时代包括古希腊，马其顿帝国，古罗马在内的近8个世纪的时间。在这个概念下，科学史界又将古希腊的科学分为两个大的时期。从泰勒斯到亚里士多德为第一个时期，称为古典希腊时期，也有称作古代希腊，或者直接叫作古希腊时期。这个时期的时段从公元前7世纪—公元前4世纪，大约300年，这一时期的学术中心在雅典。第二个时期是从欧几里得到盖伦，称为希腊化时期，时间是从公元前4世纪到公元2世纪，大约500年。这一时期的学术中心在亚历山大城，所以又称为亚历山大时期。

下面提到的几位科学家，大都生活在公元前4世纪到公元2世纪的希腊化时期。

### 1. 斯特拉波对地理学的贡献

地理学的建立是与人们生存环境和活动范围的扩大逐步发展有关联的。有关古希腊地理学的情况，我们大多是从一些残存的材料得知的。这些残存的材料只是提供了些许的线索，而更多的则是通过传说或者诗歌流传下来的。这种情况，无论是东方或者西方，情形大体相同。

被称为古希腊最伟大的作品的《荷马史诗》是一部不朽的著作。《荷马史诗》由两篇长诗组成，一部为《伊利亚特》，一部为《奥德赛》。《荷马史诗》是这两部长篇史诗的总称。这部作品，有人说由古希腊的盲人诗人荷马所作，也有人认为是古希腊诗人的集体成果，总之，现在已无法考证。见图1-23。《荷马史诗》描写的内容是古希腊从氏族社会过渡到奴隶制社会时期的社会状况，是以当时的希腊及其周边的地理环境为背景，描写了社会、历史、风俗、地理和战争等场面。由于《荷马史诗》是公元前11世纪—公元前9世纪可以见到的唯一的文字史料，这份史料反映了传说中的迈锡尼文明，所以人们把这一时期又称为“荷马时代”，或称为“英雄时代”。在这个时代肯定是没有地理学家存在的，但斯特拉波等人把荷马当作一位地理学家来看待，主要是由于荷马笔下的这部史诗，从地理学的角度反映了当时的地理环境，古希腊人的航行贸易、商贸往来的地域，也就是说，它在地理学上的意义是因为表现了希腊的商业航行和殖民时代的开始。根据传说或者诗歌所提供的材料，后来的学者对古希腊

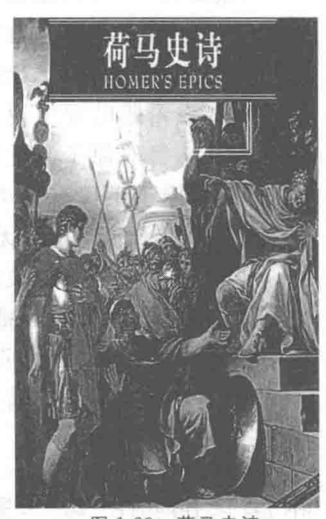


图1-23 荷马史诗

人对当时的地理概况的理解可以解释为：古代希腊人把大地分为两块，一块是地处东方的亚洲，另一块是地处西方的欧洲。所谓东方，意指日出，晨国；所谓的西方，意指日落，晚国。这种构想，或许就是古希腊人的地理指向，不管怎么说，这种观念不能不说有点靠谱。

前面我们说斯科拉波是把荷马看作一位地理学家，看来也是有一定道理的，他甚至把《荷马史诗》中的《奥德赛》一篇当作地理读本来看待。我们暂且不管斯特拉波对《荷马史诗》的态度，转而来了解一下斯特拉波本人。

斯特拉波出生于公元前约 63 年，公元 21 年去世。他的出生地是小亚细亚的旁托斯，是奥古斯都时代的地理学家。他在年轻的时候曾到罗马求学，他非常喜欢旅行，曾在埃及和西班牙等许多地方留下了他的足迹。斯特拉波留给后人最重要的著作是他几近晚年时完成的《地理学》17 卷本，关于这部著作后面我们会谈到。

在斯特拉波生活的奥古斯都时代，由于航海、探险和战争等因素，人们的地理视野不断地扩大。据记载，一位航海家在现在索马里的瓜达富伊角随海水漂流到南方，一直漂到坦桑尼亚的桑给巴尔岛；古罗马的皇帝尼禄王曾组织了一个探险队，派他们去寻找尼罗河的河源，据说这个探险队曾到达了北纬 9°的加策伦河河口，回来后，还把他们在遥远的地方见到的雪山和湖泊的情形告诉了人们。正因为如此，当时的人们知道了很多他们原先不知道的事情，随着视野的开阔，当时的学者们便开始对地球和大地的形状进行探索和研究。据说在公元前 44 年的时候，凯撒大帝下达命令，对罗马进行了一次全国测量，时间长达 25 年之久，有人认为测量的方法用的还是三角测量法。

斯特拉波在当时也是很有影响的人。对于大地的形状，他有自己的认识。他认为，有人居住的陆地是被海洋包围着的，它的形状应该是一个椭圆形，东西长约 7 万斯塔地亚(可能是现在所称的“海里”)，南北宽约 3 万斯塔地亚。地中海从西方进入到大陆，西班牙半岛向西方延展，比利牛斯山的走向是南北向，而高卢日耳曼的海岸正是从比利牛斯山的北端平直地向东北方向延伸。与这个东北向的海岸相平行的应该是大不列颠岛的海岸，意大利半岛、科西嘉岛和撒丁岛都是伸向东方，西西里在现在的意大利南部。这就是斯特拉波认识里的地球的范围。在当时，关于大地的形状有不同的认识，如马里努斯和托勒密是属于大陆学派的。那么，从斯特拉波的观点来看，他是否应当属于海洋派呢？这个问题不好说。然而，不管怎么说，这些认识都有一定的局限性。

斯特拉波在地理学上的重要贡献，是他的那部以不同文字，发行了 17 次的《地理学》一书的出版。这部著作涉及很多地区，尤其是书中关于亚洲的纪录，为我们留下了当时欧洲了解亚洲地理的宝贵的资料。因此，这部著作不仅在地理、地质学发展思想史上有非常重要的价值，同时，在古代历史的研究上也是不容忽

视的，是极为珍贵的文献。

斯特拉波的《地理学》共 17 卷。在 1～2 卷中，是他记述地理学原理的绪论，在这部分内容中，我们可以看到斯科拉波对荷马史诗以来地理知识整理的情况，从这些文字中我们看到了他的思想受到亚里士多德思想影响的影子。第 3 卷至第 10 卷，他所论述的是有关西班牙，加利亚，布列塔尼，意大利，西西里岛，北欧及其东欧，巴尔干北部，希腊西部（欧洲）等有关地区的地志的情况和材料。而第 17 卷，则专门论述了埃及。这部著作是被完整地保存下来的唯一的上古时代地理学著作，由此显得更为珍贵。在书中我们不乏看到斯特拉波在各地游历的影子，也可以看到他对地理学的见解和认识世界的方法。从这点来说，斯特拉波对地学思想在当时的开拓是有重要贡献的，同时也具有理论意义。

对于地球表面的活动，也就是我们常说的地壳如何运动的问题，斯特拉波在当时的认识也是有代表性的。他认为，地球上的一切都处于运动之中，是变动的。他从尼罗河泛滥后两岸发生变化的例子说明三角洲的形成，认为陆地随着海面的升降而发生变化，因为地球是运动着的，地球表面一会儿上升，一会儿下降，所以造成了陆地一会儿扩大，一会儿缩小的现象。他由此推论，当地球表面上升时会形成岛屿，下降时岛屿会消失。为了证明自己的认识，他还列举了有关过去西西里岛曾与意大利连接，而后，因地表沉降而脱离了意大利的古代传说的材料。

斯特拉波相信地球物质是处在运动之中的。那么，有关运动的方式和原因是什么？他也做过探讨。譬如，关于地表运动造成的隆起，他认为有两种原因，一种是由于地震造成了隆起，这种类型的隆起范围很大；另一种隆起是由于地下火的运动造成的。他曾对意大利南部的维苏威火山的成因和西西里岛东部的埃特纳火山的熔岩做过比较研究，也对地中海内岛屿的成因进行过研究。按照他的观点，距离大陆近的岛屿是由地震造成的断裂形成的；远离大陆海中的岛屿则是由于火山的喷发而形成的。

斯特拉波的《地理学》是一部早期地理学的著作，它的流传为我们了解上古与他同时代的地理学家提供了很好的文献资料。

### 2. 埃拉托色尼和他同时代的博物学家

埃拉托色尼是一位非常著名的人物，在本书的开头部分，我们曾经讲到了他关于地球周长的计算，除此之外，在地理学方面他还有着很多值得称道的成就。现在我们再重新认识一下他。见图 1-24。



图 1-24 埃拉托色尼

公元前 275 年，埃拉托色尼出生在希腊的殖民地普勒尼（今天利比亚境内），公元前 192 年去世，享年 83 岁。

他成为一位著名的人物是与他的聪明和勤奋分不开的。他在普勒尼和雅典受过良好的教育,他对周围所有的事情都有着本能的好奇,因为埃拉托色尼的兴趣是多方面的。当人们把代表博学的赞誉送给他,诸如哲学家、诗人、天文学家和地理学家等等的时候,他对于科学的贡献,更多的是在地理学和天文学方面。据说,埃拉托色尼曾被埃及国王邀请,担任过皇家教师。他长期在著名的亚历山大图书馆工作,能在这里工作本身就是当时的学术界对他学术成就的认可。不仅如此,从公元前 234 年起,埃拉托色尼就开始担任亚历山大图书馆馆长一职,直至他去世。这种特殊的待遇足以说明他在当时学术界的地位和声望,因为亚历山大图书馆是当时最高的学术中心,只有在希腊学术界享有最高声誉的学者,才能担任这个具有最高权威的职位。

埃拉托色尼在亚历山大图书馆获得了得天独厚的条件,他没有让时间在这个知识的宝库中耗费,他充分地利用图书馆的馆藏,尽可能地汲取前人学者的学术精华,为自己的研究充实知识,积蓄材料。他在地理学方面的贡献主要集中在他的两部著作《地球大小的修正》和《地理概论》中。我们前面提到的埃拉托色尼对地球周长的计算,就被收录在《地球大小的修正》一书中。三卷本的《地理概论》集中反映了埃拉托色尼的地理学思想和希腊地理学的成就,他是“地理学”这个专用名词的提出者,著名的科学史家丹皮尔称埃拉托色尼是第一个伟大的自然地理学家。

埃拉托色尼的成就突出表现在以下几方面:

(1)研究了赤道的长度,回归线与极圈的距离,极地带的范围,太阳和月亮的大小,太阳、地球、月亮之间的距离等。

(2)受亚里士多德的影响,将世界适应人类居住的地带划分为欧洲、亚洲和非洲(他称为利比亚)三个洲,划分出一个热带,两个温带,两个寒带等五个温度带。他的这种划分已同现代地理学的“地带”划分概念等近似。

(3)经过研究,埃拉托色尼认为印度洋和大西洋的潮汐相似,并认为两洋是相通的,如果从西班牙出发,可经过非洲南端航行到印度。这种知识对后来哥伦布的航海之举是很大的启发。

(4)创立了地图学的经纬网系统,为后来的投影地图学的出现奠定了基础。

(5)对化石是生物遗迹做过研究,他把贝壳化石作为海陆变迁的证据。

在历史文献的记录中,普林尼有两个人,一个是大普林尼,另一个是小普林尼。大普林尼是小普林尼的舅舅,因为普林尼终身未娶,根据他的遗嘱,把自己的外甥作为养子,这就是小普林尼。据说大普林尼去世时,小普林尼刚 18 岁。

大普林尼是罗马时代著名的博物学家,公元 23 年(24 年)出生于意大利北部

的新科莫姆城(今天的科莫)一个奴隶主家庭。他曾在罗马学习文学和哲学,他在学习的问题上是非常认真的,分秒必争,而且学习读书过程中,偶有心得必然写下来。青年时代的普林尼曾从军做过军官,据说他与后来做了罗马皇帝的提图斯有很深的交情,他经常会和他人谈起他和提图斯在一起的日子。他在从军时曾搜集了大量日耳曼各个部落的语言、历史等资料,并做出及时的报道。他还做过律师,在他40多岁时曾在西班牙、高卢、北非等地担任要职,负责所在地区的财政收入。尽管他有这些经历,但他潜心读书和著述的习惯始终保持着,从来手不释卷。大约在公元74年,他在海军舰队任职,任务是负责清剿海盗。公元79年8月,维苏威火山爆发,普林尼为了了解火山爆发的情况,亲自到实地考察,不幸被火山喷发出的暴雨般落下的火山灰埋没而身亡。普林尼可能是我们所知世界上最早为探索地质现象,牺牲在考察现场的第一人。见图1-25。


图1-25　普林尼

普林尼从公元69年开始撰写《博物学》(也称《自然的历史》)一书。全书共有37卷,内容十分广泛,涉及宇宙的形成及地球存在的各种现象。前32卷叙述了他所认为的宇宙理论,他认为宇宙是由天空和空间的星体构成。前32卷还讲到了地理、动物、飞鸟、树木、人类、森林,以及园艺和酒的酿造工艺。后5卷主要描述了他所认知的地理现象,如火山、地震、矿物、矿床、建筑材料,其中还涉及宝石方面的材料。当然,由于他是一个有神论者,他认为包括宇宙和地球上所发生的一切都是神的表现。但这并不能掩盖他作为一位博物学家,为科学所做的努力。他在书中引用了近四百位学者约两千种文献,可见他博览群书,资料搜集的广泛。因此有学者认为,他的《博物学》巨著是希腊罗马时代科学知识的集大成之作。

普林尼死后,他的外甥小普林尼整理了他的全部手稿和他所搜集、摘录的笔记资料。据说达160余卷。有关普林尼考察维苏威火山的情况也是小普林尼整理的。

### 3.托勒密与地心体系

托勒密的名字我们是非常熟悉的,就像我们知道牛顿、达尔文一样。托勒密和哥白尼就像是一对孪生兄弟,尽管他们生活在不同的年代,相貌也完全不同,但他们的学说注定要把他们联系在一起。

关于托勒密的生平人们知道的并不多。托勒密大约出生在公元90年,公元168年去世。据说托勒密出生于埃及南部的托勒密城,因父母都是希腊人,所以



图1-26　古希腊天文学家托勒密

他具有希腊血统。在这里有两个问题我们要说明一下。首先，我们所说的托勒密与希腊托勒密王朝的统治者托勒密没有任何关系，两者是不同的两个人，因为在公元90年左右托勒密出生时，托勒密王朝已经灭亡一百多年了。其次，按托勒密的出生地来说，他是埃及人，之所以把他视作希腊的科学家，主要有两个方面的考虑，其一，他是希腊移民的后代，具有希腊血统；其二，他继承了古希腊的科学传统，这是更为重要的一点。见图1-26。

托勒密因他在天文学领域的成就而闻名于世。他在总结古希腊天文学成就的同时，将其发展，并提出了一个论证系统严密的地心说理论，写成《天文学大全》一书。人们习惯地将其称为“托勒密地心体系”。

托勒密的“地心说”体系的形成，是那个时代的产物。在托勒密之前，天文学的研究已有很大的进展，积累了很多的天文学资料。而托勒密的研究正是在整理前人，主要是喜帕恰斯等人研究成果的基础上，并将其发展而形成的理论。当然，关于地心说的概念，早在亚里士多德时代已经被提出了。因此，他的“地心说”理论，是当时天文学研究的总结，而《天文学大全》一书则是一部集大成的，关于天文学的百科全书式的著作。

在托勒密之前，喜帕恰克曾提出了关于太阳运行非均匀性的“偏心圆假设”。也就是说，关于“地心体系”的概念已被喜帕恰克提出。托勒密就是在喜帕恰克的地心体系的基础上提出的一个新的假设。这个新的假设，极力证明整个宇宙的中心是固定不动的地球，而太阳系中的所有天体都围绕着不动的地球运转。见图1-27。地球是宇宙的中心，太阳、月亮和水星、金星、土星、火星、木星五大行星都是在各自的轨道上围绕着地球运转，由此形成了所谓的月亮天，水星天，金星天，太阳天，火星天，木星天和土星天。在这几层天之外是恒星天，而恒星天之外是原动天，也就是最高天，这个原动天是诸神居住的场所，所有的天层的运动都是由于受到原动天的推动而产生运动的。

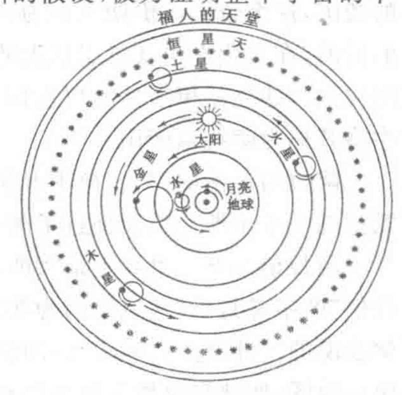



图1-27　托勒密的地心体系图

托勒密的地心说体系从根本上来说应该是错误的。但是在他生活的那个年代，事实证明已经代表了那个时代最高的科学成就。他的理论可以对当时能够观测到的天体运动，特别是行星的运动做出说明，能够准确地预测行星的方位，尤其

是这些成就在被用于人的生活,生产的社会实践中都发生了效应,如航海、天文历法等方面。因此,他的理论被人们接受也是自然的。在长达1000多年的时间里,这个地心说体系长期占据主导地位也是历史的现实。因为,毕竟哥白尼的日心说是千年之后的事情了。

除著名的《天文学大全》之外,托勒密还有一本在地理学发展上扬名立万的著作《地理学指南》。这部著作之所以能够产生深远的影响,也和他的《天文学大全》一样,是古希腊科学末期的代表作,是当时地理学发展的一个绝唱。

在这部著作中,托勒密更多地继承了在他之前的一位地理学家马利纳斯的研究。有人评价说他的《地理学指南》一书是托勒密所绘制的世界地图的说明书,这或许是对的。因为在他的著作中始终坚持了在测量和绘制地图时,必须要观察经纬度的正确与否,只有这样才能把地理学的研究置于科学的基础之上。托勒密是一位勤勉而且执着的人,尽管在他那个时代还没有更多更好的仪器用于天文测量,他的经纬度测量没有多少是真正用天文测量的方法获得的,有些是由于他天才地猜测而被确定的。尽管如此,也无损于他作为一名地理学家的影响。他的巨著《地理学指南》(共八卷),记载了大约8 000个点的经纬度和距离,书中还涉及了测绘地图的投影方法。

## 阿拉伯时代的地学思想

公元600年至公元1000年这段时期,在东方的阿拉伯半岛,突起了一个强大的帝国,这个帝国以伊斯兰教为其信仰,不断发展扩大,不仅在军事上获得了扩张的目的,在文化上也获得了伟大的成功。这就是阿拉伯帝国。阿拉伯帝国是指由阿拉伯人建立的伊斯兰哈里发国家,在中国的史书上称其为“大食”,在西方史籍中将其称为萨拉森帝国。

阿拉伯帝国的建立,离不开伊斯兰教会创始人——穆罕默德,正是因为穆罕默德创立了伊斯兰教而促进了阿拉伯国家的形成。

阿拉伯半岛是世界上最大的半岛,它长约2 254 km,最宽处约2 012 km。“阿拉伯”的字义是指“荒凉”,因为在地理上它是撒哈拉沙漠的延长,是经过波斯到戈壁沙漠的一部分。在地形上,阿拉伯是一块广阔的高原。阿拉伯半岛的西部及西南部地区(西部沿海地区有麦加和麦地那,西南部为也门地区)是古阿拉伯国家的发源地。

阿拉伯帝国崛起后,伊斯兰教在文化上的成功比他们在军事上的胜利更为明显。到11世纪时,中东地区的语言已经阿拉伯化,阿拉伯语成为从波斯到大西洋广大地区的日常用语,尽管这些被征服的地区曾经是人类最古老的文明中心但也

无济于事。新出现的伊斯兰教文明充分表现出，既吸收前犹太教文明、波斯—美索不达米亚文明和希腊—罗马文明的精华，同时又有自己文化特征的一个集合体。阿拉伯帝国在吸收埃及、巴比伦、希腊、罗马、印度、波斯和中国的优秀文化的基础上，创造了阿拉伯文化。他们在数学、天文学、物理学、化学、医学、地学，以及哲学等方面都有辉煌的成果，为人类的文明做出了贡献。可以说，阿拉伯文化在中世纪时是东西方文化结合的产物，阿拉伯人充当了沟通东西方学术文化的桥梁。

阿拉伯人非常重视知识和文化，他们广建图书馆，在清真寺中大多都藏有图书。据说公元 640 年阿拉伯人占领了埃及的亚历山大城时，他们的头领曾说，"凡是《古兰经》上没有的，都是没必要保留的；凡是《古兰经》上有的，都是不应当保留的。"这说明他们早期在征服异族时对异族文化的态度。后来，他们在《圣训》中发现了穆罕默德的教导，穆罕默德说：求知吧，哪怕学问远在中国。为此，阿拉伯人忠实地遵循这些教导，把求知和求学作为一项神圣的事业，阿拉伯的学者纷纷到异地求学。他们尊称当时的知识分子为"智人"，统治者对智人是非常重用的。

公元 830 年时，当时的统治者，阿拔斯王朝的哈里发第七代阿尔——马蒙，在巴格达建立了一个编译机构，相当于如今的科学院、天文台、图书馆、翻译馆的联合学术机构，他们将其称为智慧宫。在智慧宫里，哈里发集中了大批的专家学者在那里工作，从事研究和翻译。见图 1-28。据记载，当时著名的自然科学家、哲学家肯迪(801—865)，天文学家伊本·路西德(1126—1198)，数学家法拉比(870—950)等人负责对希腊、罗马以及东方的古典著作进行研究，并将这些著作译成叙利亚语或阿拉伯语。在当时，他们翻译的著作有，托勒密的《天文学大全》，欧几里得的《几何原本》，亚里士多德的《物理篇》，柏拉图的《智者篇》等。在马蒙时期，还组织了一次由数学家进行的关于子午线长度的天文测量。这次测量的结果，计算出来的地球周长已相当接近实际值。智慧宫大约存在了 100 多年，在这百多年间，智慧宫不仅继承和保存了大量古希腊、罗马时代古典论著的精华和文化遗产，同时在数学、天文学、地理学方面也贡献卓著，开创了人们所称的阿拉伯文化。



图 1-28　14 世纪的手稿，该手稿表现的是阿维森那和学者们

1.贾比尔·伊本·哈扬对金属的研究

贾比尔·伊本·哈扬(702—783)是活跃在8世纪的一位著名的学者。他是埃及人,他的成就集炼金术、药剂师、天文学家、哲学家、占星家和物理学家为一体,影响很大。有人称他是阿拉伯时代炼金术的鼻祖,还有人称他为"现代化学之父"。贾比尔·伊本·哈扬曾经做过铝、锡、铜、铁、金、银等金属性能的实验研究,他认为水银和硫黄是多色的矿物,曾试图把水银和硫黄合成为金属,为此进行过实验。他的许多化学试验都被记录在他的代表作《金属化秘法大全》一书中。除去一些实验记录外,这本著名著作中还讨论了化学理论与实用方面的问题。贾比尔·伊本·哈扬认同古希腊学者亚里士多德的思想,同样主张四元素论,并追求整个宇宙万物的内在和谐。他的著作《金属化秘法大全》对后来欧洲化学的发展产生过深远的影响。

2.阿维森那与《矿物的形成和分类》

谈到阿拉伯时代的科学,阿维森那是必须要提到的一个人。见图1-29。


图1-29 阿拉伯学者阿维森那

阿维森那(980—1037),拉丁拼音称为伊本·西拿。他生于当时东方主要文化中心之一的布哈拉附近的阿夫沙纳。阿维森那的启蒙教育来自于他的父亲,在他很小的时候,就能聆听一些有知识有学问的人的教诲,因为他作为税务官的父亲,经常请来当时的饱学之士来家中聚会。阿维森那具有超强的记忆力,10岁时就能记诵《古兰经》,还能背诵大量阿拉伯的诗歌,可谓幼承家教,记忆力惊人。他在当时接受了社会所能提供的最好的教育,由于他的天赋超常,18岁之前,他的知识都是靠自学而获得的。18岁时,他已精通伊斯兰法律、医学和玄学。21岁时,他在各门学科的研究中均已有所成就。由于阿维森那博学多才,因此,他在当时很有名气。特别是他曾治好了萨曼王朝努哈·伊本·曼苏尔亲王的病,使他的声望日渐升高。为此,他拥有了被特许享有使用国家图书馆的资格,这更使他求知的渴望得到极大的满足。据记载,阿维森那是中亚细亚塔吉克人,曾做过花剌子模和哈马丹的御医。他的研究十分广泛,主要有哲学、医学、地质学、矿物学、动物学、植物学、数学、天文学等,他对古诗也很精通。因此,当时的人把他与亚里士多德相提并论,并将他视为"百科全书式"的学者。

阿维森那以他的两部著作闻名于世。一部是《治疗论》(又称《医疗之书》),一部是《医典》。《治疗论》是一部关于哲学和科学的百科全书,内容涉及逻辑学、物

理学、心理学、几何、天文、算学等。《医典》堪称东西方医学史上的名著，其内容大部分以罗马帝国时代希腊医学的成就和阿拉伯的医学著作，及其他自己的经验为主。阿维森那还以翻译亚里士多德的著作闻名。据学者考证，亚里士多德《气象学》中所增补的第 4 卷，就是阿维森那补充上去的，其中共有 3 节：宝石、山岳成因、矿物，内容涉及了地质学和矿物学。据说，在 1021—1023 年，阿维森那又从《气象学》中节选了一部分内容单独成册，取名为《医典》。这部著作有拉丁文译本，在 17 世纪以前是欧洲医学的主要参考书，被奉为经典。

阿维森那一生著述很多，有关他的地质思想和在矿物学上的贡献，主要集中在他的《恢复集》和《矿物的形成和分类》两部著作中。

在《矿物的形成和分类》这部著作中，阿维森那讨论了陨石、矿物的组成和性质。按照他的观察和理解，认为矿物（石头）是通过两种方式形成的，一是通过黏土的硬化，他称为联结；二是通过水的凝结作用。他认为柔软的黏土通过硬化可变为石头，而松散岩石的硬化，可能像盐在水溶液中沉淀的作用一样，他把岩石的硬结归结为是在某种特殊的（神秘的）力的影响下进行的。阿维森那除了进行矿物成因的探讨之外，还对矿物和岩石的类型进行了分类。他的分类是这样的：①石头；②可熔体（金属）；③硫的可燃性物质；④盐。尽管这个分类用今天的眼光去看是不成熟的，但在当时，则被看作是关于岩石、矿物最完善的分类，并得到了广泛的沿用。据说，韦尔纳（水成论的代表人物）在弗莱堡矿业学院任教的时候还引用了这个分类，这已是 18 世纪的事情了。

关于山岳成因的问题，阿维森那认为，山岳的成因是由于一种所谓的基本原因，这种基本原因是一种偶然的因素。他曾举地震为例解释这个所谓的基本原因。他认为，由于地震而使陆地上升，形成岛山，变成山岳；另一原因，是由于风和水的侵蚀作用而造成山谷，使原来相连的陆地变成为耸立的高地。他特别强调，这种风和水的侵蚀作用是一个漫长的过程。这就是阿维森那对山岳形成过程中，高山和深谷出现的原因的解释。

关于海陆变迁的问题，阿维森那也关注到了。阿维森那在观察了层状岩层中存在的化石后，思考了为什么会有化石存在的问题。他认为，有化石存在的地方过去曾经是海，由于造山作用（如强烈地震）使其发生了构造变化。在讨论造山作用时，他提出了外力因素作用的问题。同时他还提出，在漫长的地球历史时期内，有些地方的海陆是不止一次地更替变化着的。

阿维森那的地质思想在 1021—1023 年写成的《恢复集》中做过论述。这篇文章被译成拉丁文，17 世纪时在威尼斯出版，在欧洲印行了 30 余次。

阿维森那一生经历起伏不定。父亲去世后，土耳其首领加兹尼取代了萨曼王

朝，阿维森那开始了各地流浪的生活，后来曾两次出任大臣之职，也做过宫廷医师，也曾为躲避政治陷害而一度隐居，据说他还曾有过牢狱之灾。尽管这样，阿维森那始终没有间断他的学术研究。阿维森那的哲学思想受亚里士多德的影响很大，有明显的唯物主义倾向，主张经验观察和逻辑论据。

1037 年，阿维森那死于随军征战的途中。

**3. 比鲁尼对矿物的描述**

讨论阿拉伯时代的地学，除了阿维森那等学者之外，另一位伟大的学者，我们也要给予十分的关注。这就是比鲁尼。见图 1-30。


图 1-30　阿拉伯学者比鲁尼

比鲁尼(973—1048)是阿拉伯著名的科学家、史学家、哲学家。生于波斯花剌子模城的比伦郊区。相传比鲁尼出身于一个突厥贵族后裔的家庭，曾师从当时著名的学者。比鲁尼勤奋好学，博览群书，因此，知识宽泛，学识渊博。比鲁尼有着很好的语言天赋，掌握了阿拉伯语、波斯语、希伯来语、突厥语、叙利亚语和梵语，在史学、地理、数学、医学、地质学、矿物学、天文学、物理学等学术领域都有涉猎研究，他还通晓希腊及东方的宗教和哲学。人们称比鲁尼是阿拉伯最伟大的科学家之一。

1973 年，在巴基斯坦举行了比鲁尼国际讨论会。会议出版了专门的文集，介绍比鲁尼的生平和他的学术贡献，对这位中世纪阿拉伯伟大的学者给予了中肯的评价和隆重的纪念。由此可见比鲁尼在学术界的影响之深远。

比鲁尼写了很多有价值的地理和矿物方面的文章和著作，他的宇宙观和地学思想在这些著作中充分表现出来。他曾著有《天文全书》，虽然这是一部天文著作，但有关比鲁尼对地球及宇宙的认识，在这部书中充分地表现出来。他认为地球是圆的，世上一切有趣的事情都会集中到地球。在《天文全书》中，他虽然重复了《古兰经》中地球是宇宙中心的断言，但他同时还提出了一个假设，我们生存的这颗行星是绕日而转的，假定地球每天以其轴为圆心进行自转，其结果是和每年绕太阳运行是相同的。由此他提出地球是一个自转球体的观点。他还对地球的大小进行了计算，其结果与现在的数据很接近。比鲁尼还著有关于观象仪、平面天体图和浑天仪的文章，曾经制定了天文表。

比鲁尼写有《识别贵重矿物资料汇编》的著作，这部著作大约写成于 1047—1048 年，其中部分章节被译成欧洲各种文字，后来也有若干份手抄本流传。这部著作的重要性在于，比鲁尼的地学思想在此书中得到了较好的阐述。该书由两部

分内容组成。第一部分是关于宝石;第二部分是关于金属。比鲁尼以他所搜集的资料,在书中描述了近百种当时已知的矿物、矿物变种以及岩石,同时指出了这些矿物和岩石的别名共300多个。他在书中专门讨论了这些矿物、岩石的颜色、硬度、开采方法、矿物赋存的矿床等问题。特别需要提出的是,他还确定了各种矿物的密度。据说他设计了一个仪器,用于称出一定量的物质所排出的水的重量。为此,他精确地测出了18种宝石和贵金属的精确密度,其数据与现在的相符。经过比鲁尼对矿物及其性质的研究,使矿物学这门学科,从现象的描述过渡到比较精确的、利用一定的技术手段而获得一定常数的学问。这是比鲁尼对矿物学研究做出的积极的贡献。不仅如此,比鲁尼根据矿物的特征(密度、硬度)划分出若干类性质具有一致性的同族矿物。譬如,他把水晶、光玉髓、玛瑙归入石英类;把红宝石、蓝宝石、白蓝宝石归入刚玉类。经过论证,他指出这类矿物在矿物学上具有一致性的特征。

在他的研究中,比鲁尼还十分注重矿物形成环境的研究。在描述若干种矿物和矿石时,他很明确地指出这些矿物在自然界中是与哪些岩石共生的,从而确定重要的找矿标志。在他的著作中,比鲁尼描述了世界各地的矿物产地,如中国、印度、锡兰、拜占庭、埃及、波罗的海地区及莫桑比克海峡等。还特别对亚洲的矿床进行了描述。

比鲁尼以他的博学和成就,在阿拉伯享有很高的声誉。有人评论比鲁尼,他是哲学家、历史学家、旅行家、地理学家、语言学家、数学家、天文学家、诗人和物理学家——在这些领域内从事主要和独创的工作——他至少是伊斯兰教中的莱布尼茨,甚至是达·芬奇。在中世纪科学的巅峰时代,比鲁尼成为里海地区的领袖。

## 中世纪欧洲的地学思想

公元5世纪—公元15世纪,是欧洲历史上一个特殊的时代。这个时期一般是指西罗马帝国灭亡(公元476年)至东罗马帝国灭亡(公元1453)的千年左右的时期。然而,在科学史上则稍有不同,而是指古希腊、古罗马文明结束到欧洲文艺复兴这1000多年的时间。在这1000多年的时间内,欧洲的科学技术从其成就来说几乎是一片空白,是欧洲文明史上发展比较缓慢的时期,有人称之为“黑暗的中世纪”。

在中世纪,如前所讲,尽管阿拉伯时代保存、继承并发扬了古希腊、古罗马的科学文化,搭建了东西方文化交流、融合的桥梁,形成了阿拉伯文化的繁荣。但这种景象在欧洲是不存在的。中世纪的欧洲,宗教、神学,如我们所知的基督教的出现,经院哲学的存在完全禁锢了人们的思想,以探索自然界发展规律为目的的科

学遭到废弃，而对自然现象的认识和推理，基本上都把亚里士多德的思想和理论奉为至上，在对于宇宙和地球形成的认识和理论方面，更是延续了托勒密的宇宙观和理论体系。这是中世纪欧洲科学文化停滞的历史原因。



图 1-31　奥托三世。奥托手中象征王权的权球和权杖，说明中世纪的地理学家们已经知道大地是圆的

及至 12 世纪到 13 世纪，欧洲社会受到阿拉伯文化的影响，特别是十字军东征，地理大发现的出现，在人们的认识里对地理观念的认识不断得到更新，地理范畴随着认识的变化也变得越来越大。见图 1-31。于是，在欧洲，首先是法国和意大利出现了以复古为要求的文艺复兴。当然这是后来的事情。

尽管如此，在中世纪的欧洲，我们还可以看到有关的学者在地学范围内的一些成就，这对我们了解中世纪后期到文艺复兴出现之前的有关地学思想的发展情况也是有益的。

首先要谈到的是一位西班牙出生的学者——易德里斯。非常遗憾的是，有关易德里斯的生平及资料我们知道得很少，只知道他大约生活在公元 1100 年左右，出生于西班牙，是一位非常卓越的阿拉伯地理学家。易德里斯曾在西欧和北非的许多地方游历，也曾到过小亚细亚，据说，易德里斯曾在西班牙的科尔多瓦哈里发国家和西西里国王罗杰二世的宫廷中任职。

易德里斯最大的贡献是在地理学和绘制地图方面。他曾组织人力探寻尼罗河的发源地，并绘制成图，这张地图至今仍保存在欧洲博物馆内。他根据各地测量的报告数据绘制了一本地图集。在他编绘的图集中，按照他的思想将世界划分为 70 个区域，并绘制了 71 幅地图。他绘制的地图为后来哥伦布和麦哲伦的探险之旅提供了条件。易德里斯还绘制了一幅圆形的世界地图。见图 1-32。




图 1-32　易德里斯绘制的地图

易德里斯根据实地测量的资料编著了一部《云游者的娱乐》（又被译为《一个想周游世界的愉快旅行》）的地理巨著。在书中他总结了托勒密、马斯欧迪等人的研究成果，影响很大。易德里斯的学术成就，尤其是他绘制的地图，奠定了他作为一位地理学家的地位。

大阿伯特·马格努斯(公元 1206—1280 年)我们也要提到他。因为他在 1260 年写了一本《矿物与金属》的著作,很有影响。大阿伯特·马格努斯是意大利科隆人,据说他曾经是经院哲学家托马斯·阿奎那的老师。大阿伯特·马格努斯在当时是研究和主张复活亚里士多德理论学说的主要代表人物。

《矿物与金属》一书写于 1260 年,但出版时间却是在 1474 年。他在书中记述了 70 余种岩石,其观点极力主张亚里士多德的所谓矿物生成理论。该书共 5 卷,第 1、2 两卷专门论述矿物与石头,第 3、4 两卷论述金属,第 5 卷则论述盐类。

在论述矿物与石头的成因时,他认为矿石是由形成矿物的某种作用在适当环境下,对当时的地壳物质发挥作用而产生的。他强调天体作用在矿物形成中的作用,认为在自然界天体的影响下,如在作用于土元素时,一旦出现适合的条件,就会诱发生成矿物、岩石、金属,还会产生所谓的中间产物——盐。他还认为,地球本身具有热与冷的性质,热可使石头与土质的物质密度加大而变硬,而冷可使金属在加热变软后而变硬。他所认为的这个所谓天体作用矿物成因理论,应该说与我们前面提到的阿维森那的矿物成因观点有相似之处,但其认识的深度不及阿维森那。大阿伯特·马格努斯的矿物成因理论影响广泛,一直到 16 世纪末还在被地质学家引用。

关于山岳的成因,马格努斯也进行了研究,而且是最早提出新观点的学者。对于山岳的形成,他认为存在两种形成方式:一种是风成说。所谓风成既是由于地下风的作用。由于地壳影响了地下风逸出地表,强大的地下风便把地表吹成为一种气状隆起,这种气状隆起即为山峰;而另一种山岳形成原因是来自于海洋的侵蚀作用。海洋侵蚀海床,堆积成沙,在海岸边形成一个个小丘,而后这些小丘经过长期的地质变迁而形成高山。他的这种山岳成因理论在他之前还没有人提出过。

关于山岳成因的问题,在当时还有一位叫瑞斯特罗的意大利人提出了一种观点。瑞斯特罗在 1282 年写了一本《山岳的构成》的著作,在书中他提出,山岳形成的主要原因来自于天体的影响。瑞斯特罗认为,由于陆地被水长期淹没,使得陆地不能发挥生成作用。而要使陆地正常发挥生成作用,必须使被淹没的陆地露出水面。而使陆地露出水面,一是天体的作用使大地抬升而露出水面,另外,天体可以把海水从地表吸走,而使陆地露出水面。除了天体的作用之外,他还提到次要的原因,认为是由于流水侵蚀、海浪作用,促使泥沙沿着海岸堆积形成沙丘或沙砾堆,而后由于洪水作用于地壳的某个地方,使沉积物质沉积而形成巨大的山系。尽管我们感觉到瑞斯特罗的山岳形成说十分的奇特,但他毕竟提出了这种奇特的山岳形成假说。

## 文艺复兴时期的地学思想

科学技术的发展源自于人类社会发展的需求，而社会发展过程中社会结构及社会形态的变化，则制约着科学技术的发展。在欧洲，经历了近千年的黑暗之后，在中世纪的后期科学技术已经有了复兴的迹象，诸如罗吉尔・培根所倡导的实验科学思维，11—12 世纪时大学不断地创立，以及经院哲学的衰落都表明欧洲社会正在发生变化。也正是在这种形势下，一场席卷欧洲的社会大变革就此拉开了帷幕。

我们说近代自然科学的产生除了有其社会经济等方面的原因外，还有其思想、文化等方面的因素。文艺复兴是指 14—16 世纪反映西欧各国正在形成中的资产阶级所进行的变革社会形态，提出适合社会发展的思想、文化运动。这个时期正是欧洲封建社会向资本主义社会过渡的时期，社会生产有了扩大和发展，近代工业开始萌芽，对矿产原料资源的需求和开采急剧增加。很显然，这种变化了的社会需求，在原有的社会结构框架下是不能够得到适应和满足的，而要开启社会发展的新思路，一场来自于思想文化领域的革命是不可避免的。于是，14 世纪从意大利开始出现了文艺复兴运动，这场运动很快扩散到德国、英国、法国、荷兰和西班牙等地，这场意在复兴或再生古希腊、古罗马已经存在的古典文化的运动，很鲜明地表现了人文主义者所提倡的新文化以古典为师的特征。然而，文艺复兴运动绝非单纯的古典复兴，它所反映的实际上是反封建的新文化的创造，表明了科学、文化和艺术的普遍高涨。文艺复兴运动赢得了自然科学上的进步与发展，也有力地推动了地学思想的发展。因此，文艺复兴运动对地质思想的发展影响深远，在地学史上将其称为近代地质学的启蒙时期。

### 1. 达・芬奇不为人知的一面

恩格斯曾这样评价文艺复兴时代：现代自然科学和整个近代史一样，是从这样一个伟大的时代算起，只是在这个时候才真正发现了地球，奠定了以后的世界贸易以及从手工业过渡到工场手工业的基础，而工场手工业又是现代大工业的出发点。这是一次人类从来没有经历过的最伟大的、最进步的变革，是一个需要巨人而且产生了巨人——在思维能力、热情和性格方面，在多才多艺和学识渊博方面的巨人的时代。在这个呼唤巨人并产生巨人的时代，达・芬奇被恩格斯称为绘画史上巨人中的巨人。见图 1-33、1-34。

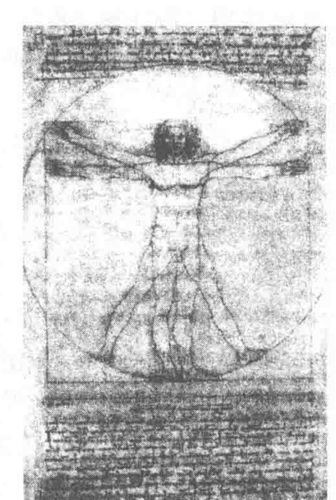


图 1-33　达・芬奇像

提到达・芬奇，人们自然会联想到他的三大杰

作:壁画《最后的晚餐》、肖像画《蒙娜丽莎》和祭台画《岩间圣母》。达·芬奇在绘画上的名声太大了,以至于人们只顾欣赏他的绘画艺术而忽略了他在其他领域的骄人成就。像历史上那些成就非凡的伟人一样,达·芬奇拥有很多值得骄傲的头衔。他是一位伟大的艺术大师、科学巨匠、文艺理论家、哲学家、音乐家、诗人、工程师和发明家。具体说来,他是画家、雕塑家、物理学家、解剖学家、生物学家、地质学家、建筑师等等。这些头衔对于达·芬奇来说并非浪得虚名,因为他是现实主义思想的奠基人,他的所有成就都源于他是从实用的方面去进行研究的,所以他的治学精神赋予他强烈的现代精神。科学史家,英国人W·C丹皮尔这样评价达·芬奇:在每一学科里他都登峰造极,在世界历史上可能没有人有过这样的记录。他的成就虽已非常,但与他所开拓的新领域,他对于基本原理的把握,以及他对每一学科中的真正研究方法的洞察力比起来,就微不足道了。如果说彼特拉克是文艺复兴时代文学方面的前驱,列奥纳多(指达·芬奇)就是其他部门的开路先锋。在他看来,对于自然界的观察和实验是科学的独一无二的真方法。


图1-34　达·芬奇素描像

达·芬奇1452年出生于意大利佛罗伦萨和比萨之间的芬奇镇。他是当地著名的律师和一位漂亮可爱的农家女子的私生子。他的童年是在祖父的庄园里度过的,虽然他没有接受过正规的教育,但自幼聪慧的达·芬奇在父亲的教育下,小小的年纪即已表现出异常的才智,在大家的眼里,达·芬奇是一个出类拔萃的“绘画神童”。他曾在佛罗伦萨、米兰和罗马的宫廷中工作,是弗朗西斯一世的朋友。达·芬奇是一个精力充沛、思维活跃、捕捉力很强的人,他对各种知识都进行思考和研究,而且,他的研究是以实践为前提的,所以他能在他所涉及的研究领域屡有创造。1519年,达·芬奇死于法国。

达·芬奇在地质学上的贡献同样来自于他敏锐的观察和分析总结。1517年,达·芬奇在意大利米兰挖凿运河的工程中,发现了在深度不同的地层中有各种不同的动物化石存在,其中还有海生动物贝壳的岩层。这个发现引起了他的注意和思考,为什么会有海生动物化石的存在呢?他想起了圣经上曾经讲到过,海洋可以在40天之内跑到陆地的位置,他还记起了亚里士多德曾讲到过,受天体作用的影响,贝壳是在天上的星星的作用下而形成在高山上。对于圣经所讲的故事和亚里士多德所言的贝壳形成的方式,经过观察后达·芬奇提出了疑问。如果说贝壳形成于山上是天上星星作用的结果,那么现在哪座山上还在形成着年代不同,种类各异的化石贝壳?而他亲眼所见的由于流水作用而被磨圆了的砾石也是

星星影响下形成的吗？这显然是解释不通的。达·芬奇认为，这些贝壳的形成绝非圣经和亚里士多德所说的那样。贝壳化石的形成，最初是分布在海底的，后来这个分布着贝壳的海底被淤泥填塞、被泥沙覆盖并渗入贝壳内部，经过了很长很长的时间后，贝壳形成了化石。他由此推论贝壳化石不应该是什么洪水的产物，应该是过去生存的生物的遗体与海底的堆积物一起被石化了的东西。在正常的情况下，这些海洋生物会在原地留存，之所以会在山上被发现，那是由于地壳的运动，使这些原来在海底的东西被带到了山上。达·芬奇还认为，这些在山上被发现的海洋生物化石，应该是现在生活在海洋中的动物的祖先。由此，达·芬奇对古生物化石的成因做了科学的解释。

实际上，在达·芬奇之前已有学者对古生物化石的成因问题做过探讨，譬如对于海陆变迁过程中陆地、高山与海洋的交替问题，阿维森那、比鲁尼及古希腊、罗马时代的学者，如毕达哥拉斯等人也持有相同或类似的认识。我们说：达·芬奇与他人不同的认识在于，达·芬奇透过这些现象最早提出了地质作用在漫长的地质历史中是一个极其缓慢的过程，这种思想是以前的学者所不持有的。正是这种思想，使达·芬奇认识到地球上存在的陆地、山和海并非一成不变一直地存在于我们所看到的现今的地方，也不能想象山脉会骤然跃海而出，海陆的变化应该是在缓慢的过程中完成的。他进而指出，据现在的情况可以了解过去很早以前曾经发生过的变化。因此我们说：是达·芬奇第一个提出了地质学中的现实主义方法的原理。这个现实主义方法的原理，在当时就冲击了圣经中所说的贝壳是洪水时代遗留下来的荒谬的说法，也批判了所谓关于世界洪水的神话。

达·芬奇曾到阿尔卑斯山进行考察，他观察到巨大山脉的向斜褶皱中地层的层位非常明显这一现象。他认为这种情况对泉水与河流的形成具有重要的作用，特别是大角度产出的地层层位与不太分明的地层层位之间的部分，对于雨水的搬运、雪水渗入地壳内部也具有重要的作用。应该说，达·芬奇的观察是非常细致入微的，作为一位地质学家，达·芬奇的观察与分析是非常符合现代地质学的认识方法的。1580年，达·芬奇发表了《雨水是泉水的来源》一文，阐述了他对河流、泉水成因的认识，文中还谈论了金属、矿物生成的问题。

达·芬奇的《地球与海洋》一书是他作为一位地质学家的代表作。书中他对前面所述的海陆变迁、化石的形成等问题都做了明确的表述，集中反映了他的地质学思想。达·芬奇明确提出："科学如果不是从实验中产生，并要得出一个清晰的实验结果，便充满荒谬，而毫无益处。因为实验乃是确实性之母。"达·芬奇的现实主义思想为后来的近代地质学的奠基者莱伊尔集其大成，提出并建立了地质学中的现实主义原则，推动了近代地质学的诞生和发展。

### 2. 哥白尼与《天体运行论》

在迄今为止的科学发展史上，恐怕没有人不知道哥白尼这位杰出的科学家的。作为文艺复兴时期的科学家，哥白尼告诉人们如何用新的眼光去观察世界，他的日心说体系，完全颠覆了已有的天文体系，并引发了一场天文学的革命。


图 1-35 波兰自然科学家哥白尼

1473 年，哥白尼出生于波兰维斯瓦河畔的托伦城。见图 1-35。他的父亲是波兰人，母亲是德国人。10 岁时，哥白尼的父亲去世，是他在教会任主教的舅舅把他抚养大，从小受到了良好的教育。哥白尼自幼对未知的事物就十分好奇，兴趣很广，尤其喜欢布满繁星的天空。在他 18 岁时进入了克拉科夫大学学习，受到了当时的人文主义者，具有新思想的数学教授布鲁楚斯基的影响，产生了要献身于天文学研究的志向。哥白尼在波伦亚大学、巴杜依大学和费拉尔大学学习过。他专门研究数学、医学和文学，同时他还是一位有名的社会活动家。在波伦亚大学时期，他结识了文艺复兴时期的巨人达·芬奇，并与达·芬奇建立了友谊。

哥白尼在他舅舅的推荐下，1447 年被选为弗龙堡教堂的僧正。1512 年他的舅舅去世后他定居在弗龙堡。定居弗龙堡的理由很简单，因为僧正在教堂里是一个闲职，他既然是弗龙堡教堂的僧正，就可以利用这个闲散的工作之便，把大部分精力都用于天文学的研究。

哥白尼在弗龙堡教堂的城墙上选择了一个箭楼作为自己的起居室，他制作了各种仪器，利用箭楼顶层的平台作为观测点，潜心观测研究天文学达 30 年之久。日深月久的天文观测，哥白尼掌握了大量的天文观测数据，日心说体系的建立正是这几十年辛勤劳动的结晶。1530 年，哥白尼写完了举世闻名的《天体运行论》，手稿共 6 卷。他全新的日心说揭示了地球作为天体而运动的客观规律，颠覆了此前由托勒密建立的地心说理论，还了地球运动的本来面目。人们称哥白尼为“推动地球的人”，哥白尼那处曾经作为宿舍又是观测台的弗龙堡教堂的箭楼也被完整地保存下来，人们亲切地将其称为“哥白尼塔”。这座极富象征意义的箭楼被视为天文学的圣地。

应该说，在哥白尼之前，喜帕恰斯和托勒密的地心说体系在阐释天体运动方面是成功的。它的弱点就是地心说这个理论中的均轮与本轮所形成的复杂性问题。哥白尼经过自己的研究分析后认为，托勒密等人虽然可以按照他们所创立的地心说的理论解释天体运动，但是，这个理论把本应简明清晰的天空搞得毫无秩序，全然看不出天体运动的规律性和统一性。哥白尼把地心说理论体系做了一个

形象的比喻，这个理论体系就像是一位艺术家，想要画一幅人像，他从不同的模特身上获取了手、脚、头还有其他的部位，而后不分比例地将他们贴合在一块，尽管被拼贴到一起，而且这个人像的每个部位都画得非常好，但结果并不好，因为这种没有比例的结合是不协调的，画出来的不像是一个人，而更像是一个怪物。在哥白尼看来，宇宙的规律应该是简明而和谐的，天体运行的轨道可以用简单的几何图形或者数学的关系表示出来。

还是在意大利波伦亚大学学习的时候，哥白尼是文艺复兴运动的领导人之一，天文学家诺法腊的学生。诺法腊就曾经批评托勒密的体系太复杂、不符合数学的原理。老师诺法腊的思想和见解对哥白尼的影响是很大的。同时，当时的社会又处于文艺复兴的时代，在这激荡的年代，新旧思想交织涌动的时期，哥白尼在诺法腊的影响下，根据自己多年的观察，又参考了当时所能找到的所有哲学家的著作，他认为对已有的地心说理论所存在的问题有必要进行一些修正，所以他决定从另一个角度去分析、研究。哥白尼曾说道：经过长久的多次的观察之后，我最后发现，如果除了地球的自转之外，把其他行星的运动也考虑在内，并计算出其他行星的公转和地球的公转，我们就不但可以由此推出其他行星的现象，而且还可以把所有的行星、天球以及天本身的次序与大小都联系起来，以致在任何一个部分里，改变一件东西，就必然要在其他部分及整个宇宙中造成混乱。因为这个缘故，我愿意采纳这个体系。于是，哥白尼开始挑战既成事实的、占据千年统治地位的地心说体系。为了寻找新的思想和与自己思想有相同认识的观点，哥白尼查阅了早期的古希腊古罗马时期的许多文献。他欣喜地发现，在西塞罗（公元前106—公元前43）等人的著作中曾十分明确地描述过关于地球的运动。在当时，虽然西塞罗等人的认识不是主流观点而未被学界所接受，但这些认识所表现出来的思想是新鲜活跃的。哥白尼似乎找到了活力的源泉，他非常激动，既然前人可以随意地想象用圆周运动来解释星空现象，为什么我就不能设想地球存在某种运动呢？哥白尼大胆地向地心说提出了怀疑，提出了自己所主张的太阳中心说——日心说。这个大胆的、具有颠覆意义的理论主张宇宙的中心是太阳而不是地球，行星（包括我们人类居住的地球在内）都是围绕着太阳转动，并认为地球和其他行星沿着以太阳为中心的轨道运动，而太阳、行星及恒星的周日运动是由于地球自转的缘故。见图 1-36。

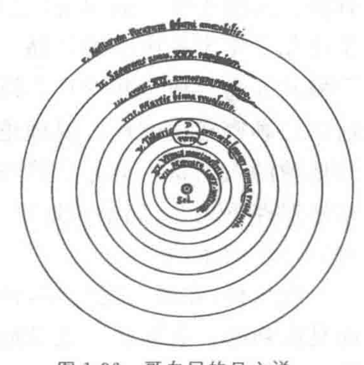


图 1-36　哥白尼的日心说

哥白尼用非常通俗的语言，简明地描述他的宇宙理论：

首先，存在着包罗它自身与万物的由恒星组成的天球，因为这个缘故，它是不动的；事实上它是宇宙的间架，别的一切星星的位置与运动都是对它而言的。虽然有人以为它以某种方式运动，但我们认为，它看起来好像在运动的另一个原因就在于我们的地动说。在运动着的天体中，第一是土星，30年绕日一周；其次是木星，12年一周；再次，是火星，两年一周；第四是每年一周的轨道，我们说过其中包含地球，加上本轮式的月球轨道；第五是金星，9个月一周。水星占第六位，80天一周。处在这些行星中间的是太阳。在这极美丽的庙堂中，谁能把这个火炬放在更好的地位，使它的光明同时照到整个体系呢？有人把太阳叫作宇宙的灯，有人叫作宇宙的心，更有人叫作宇宙的统治者，都没有什么不适当。特里斯梅季塔斯称它为可见的神，索福克勒斯叫它埃勒克特腊，即万物的心。这些称号都很正确，因为，太阳就坐在皇帝宝座上，管理着周围的恒星家庭……这样，我们就发现，在这样有秩序的安排下，宇宙里有一种奇妙的对称，轨道的大小与运动都有一定的和谐关系。这样的情形是用别的方法达不到的。



图 1-37 《天体运行论》第二版扉页

哥白尼的《天体运行论》手稿完成于1530年，由于这个学说触动了被奉为经典的已有学说，动摇了宗教统治的理论基础，因此遭到了教会势力的攻击和迫害，致使《天体运行论》在1543年才得以问世(图 1-37)。而当此书出版的时候，哥白尼正生命垂危地躺在病床上，据说他只摸了摸书的封面，这是他所得到的最后的安慰，之后便与世长辞了。哥白尼终年70岁。

虽然《天体运行论》得以问世，但在70年后的1616年，罗马教廷仍将《天体运行论》列为禁书。这个禁令后来被解除，但那已是300年之后20世纪的1916年了。由此可见，科学的产生与发展从来都是在怀疑与抗争中发展的。恩格斯对哥白尼的《天体运行论》给予了充分的肯定和高度的评价。他在《自然辩证法》一书中讲："自然科学借以宣布其独立并且好像是重演路德焚烧教谕的革命行动，便是哥白尼那本不朽著作的出版，他用这本书(虽然是胆怯地而且可说是只在临终时)来向自然事物方面的教会权威挑战，从此自然科学便开始从神学中解放出来。"以此作为标志，现代的科学史家们普遍把1543年哥白尼《天体运行论》的出版作为近代科学的开端。

### 3. 布鲁诺的宇宙无限论思想

有人可能会问，哥白尼是一位天文学家，他的历史功绩主要是宇宙形成和运动的理论，与地学的发展有什么关系吗？这个问题问得很好。在学科发展划分已十分细密的今天，天文、地理、地质、物理等学科都已有了自己比较明确的概念和范围，但在科学发展的早期，这个界限是不明确的。所谓科学探索，更多的是从哲学的层面去研究，因此，在自然科学没有真正确立之前，更多的是从思想史方面看待自然科学的发展。从这一情况出发，天文学、数学、物理学诸方面的研究自然与地学产生联系，这是可以理解的。正如同哥白尼的学说涉及宇宙形成与运动方式的问题更是与地质学要研究的地球科学紧密相连。

当哥白尼的日心说提出后，一位意大利的天文学家、哲学家布鲁诺（1548—1600）成为这个学说的继承人和传播者。见图 1-38。而且，布鲁诺甚至比哥白尼的思想更为激进，更为大胆。布鲁诺明确地支持哥白尼的学说，并进而提出了宇宙无限论的思想。1584 年发表了《论无限宇宙和世界》一书，提出地球经常发生地质变化的原理，从而把发展的观点带进了地质学领域。



图 1-38　意大利天文学家布鲁诺

1548 年，布鲁诺出生于意大利的诺拉城。在他 10 岁左右，父母把他送到一所私立学校读书。15 岁时，他进了修道院，在修道院学习神学，同时刻苦钻研古代希腊、罗马的语言文学和东方哲学。他在修道院学习长达 10 余年，正是在这个时期，他结识了很多文艺复兴时期的人文主义者，并与他们交往密切。他从这些人文主义者那里读到了很多被当局查禁的书籍，其中就包括哥白尼的著作《天体运行论》。阅读哥白尼的著作，布鲁诺感觉是一种视觉和心灵的享受，他被哥白尼的日心说深深地吸引，特别是哥白尼在书中所阐述的观点、思想、严谨的逻辑思维、精辟的论证，无不冲击着他的思想，这使他对宗教神学产生了怀疑。或许是一种学者正义感的驱使，布鲁诺在接受哥白尼学说的同时，自觉承担起了宣传这个革命性学说的历史责任。

布鲁诺在他的著作《论无限宇宙和世界》中明确指出，宇宙无论在空间和时间上都是无限的。整个宇宙原本就没有中心，也没有界限。地球不是宇宙的中心，太阳也不是宇宙的中心，太阳只是太阳系的中心。宇宙中有无数的太阳，围绕它们运行的有无数的行星。可以说，在宇宙无限的认识上，布鲁诺发展并超越了哥白尼的思想。布鲁诺明确地提出，宇宙是统一的、物质的、无限的、永恒的。他认为，我们人类眼中所看到的自然界只是无限宇宙当中极小的一部分，相对于无限

的宇宙，地球只不过是微不足道的小小的尘埃。宇宙是统一的、不生不灭的物质。生命不仅在人类生存的地球上有，也可能存在于那些人们看不到的遥远的行星上。

严格地说，布鲁诺并不是一位天文学家，因为他的理论并不是建立在天文观测的基础之上。他是一位哲学家，他的理论更多的是哲学上的思辨和猜想。然而这种大胆的猜想，却符合科学的逻辑，并使他的理论置于文艺复兴时期自然哲学的顶峰。他的认识是超前的，尤其是他关于宇宙无限的思想，更是超越了他所生活的时代。尽管当时的人们用异类的眼光去看待这位狂妄的思想家，但不可否认的是，布鲁诺的思想成了300多年后现代宇宙论的预言，他也成为现代宇宙论的先驱。

因此，人们都用哥白尼—布鲁诺学说来评价哥白尼和布鲁诺在宇宙形成及运动中的贡献。

哥白尼—布鲁诺学说也被地质学家所接受。早在13、14世纪时就已有地质学家对托勒密的宇宙体系和天体影响说产生了疑问，认为托勒密的学说和理论已不能确切地解释地质现象。而哥白尼—布鲁诺学说的出现使地质学家解脱了千年来桎梏人们的思想，启发人们寻求认识自然的新观点和新方法，重新去认识和探索地球的起源及其发展过程。

就布鲁诺的人生旅途来说，他的命运是悲惨的。布鲁诺在28岁时就开始了流浪的生活。在流浪期间，他经常和教徒进行辩论，由于他大胆的批判、讽刺，直接伤害到了教会的尊严，因此他的敌人多于朋友，这种反叛的行为被罗马教廷宣布为他是不可饶恕的异教徒。1592年5月，布鲁诺被人出卖遭当局逮捕，被关进了罗马宗教裁判所。布鲁诺经历了长达8年的牢狱生活后，在1600年2月17日这一天，布鲁诺被宗教裁判所处以火刑，烧死在罗马的鲜花广场。临终时，他正义凛然地说："你们对我宣读判词，比我听判词还要感到恐惧。火不能征服我，未来的世界会了解我"。布鲁诺遇难时年仅52岁，这位伟大的学者成为近代科学史上为科学呐喊，为科学而献身的第一个殉难者。

在布鲁诺遇难后的1889年，罗马教皇亲自出面为这位伟大的思想家平反并恢复名誉。同年6月9日，人们为了纪念这位献身科学的勇士，在他遇难的鲜花广场上为他树立了一座铜像以示纪念。

#### 4.阿格里科拉与地质学

如果说哥白尼—布鲁诺的学说在文艺复兴时期的自然科学领域树立起了思想革命的旗帜，使自然科学从神学的束缚中解放出来的话，那么，近代科学的萌芽已经在破土而出。历史的脚步在蹒跚中走进了15、16世纪。这时的人们对自然

界的认识已经有了显著的转变，可以说近代自然科学在科学的园囿中已相继出现，而地质学作为近代自然科学的一个分支也在这一时期萌芽、发轫。我们说，任何一门科学的出现都是随着社会发展的需要而产生的，地质学的出现也不例外。近代科学的出现为资本主义生产方式的产生创造了前提，而资本主义的生产方式需要相应的支撑生产关系存在的资源和技术，由于矿业的迅速发展顺应了社会发展的需要，近代地质学的出现就是很自然的事情了。

生活在15—16世纪的学者阿格里科拉就是一位在近代地质学产生过程中做出过重要贡献的学者。见图1-39。


图1-39 阿格里科拉

阿格里科拉1494年3月24日出生于德国的格劳桥，撒克逊人。原名乔治·鲍尔，后改名为乔治·阿格里科拉。阿格里科拉是16世纪最著名的德国自然科学家，被称为“矿物学之父”。关于阿格里科拉的家庭我们知道的不多，只知道他至少有一个兄弟，他的父亲是一个商人。阿格里科拉青少年时在当地的学校读书，1514年，也就是他20岁的时候进入莱比锡大学学习。他曾做过教师，据说还被提拔任校长的职位，但由于他执意要研究医药方面的知识，而没有就职。阿格里科拉是一位天主教徒，他因得到了茨维考教会提供的为期3年的资助后进入意大利博洛尼亚大学研究医药。他获得医学学位后便在波西米亚的一个城镇做城镇医师和药剂师的工作。正是这份工作，使阿格里科拉与矿物学结下了不解之缘。

阿格里科拉所在的约什玛萨是一座新兴的矿业城市。这座城市的很多人因在银矿工作而染上肺病。因此，医师和药剂师对这座矿城和矿工们来说是急需的。身为药剂师的阿格里科拉在和矿工们接触后感觉到，作为一名合格的药剂师，不能将工作停留在医学专业的层面上，更要熟悉采矿工作的生产流程，只有这样才能真正了解那些矿工患上职业病的病因。还有，阿格里科拉对矿石及其矿物的应用很有兴趣，他想把它们运用到药物治疗中去。所以，阿格里科拉很看重自己的工作，他对采矿过程中每一项内容都进行了研究，甚至包括工人的生活方式。1530年，他出版了自己第一部地质学著作《柏曼勒斯》，这是以他朋友的名字作为书名的著作。该书用古典拉丁文写成，内容主要是阐述德国采矿史，并对矿物、矿脉、矿产地、矿山等进行了描述。同年，阿格里科拉又写作了《锑：或是关于矿业的对话》。这本书是以二人对话的形式写成，通俗易懂，一时间成为畅销书。在这本书中，阿格里科拉对自己所搜集的各类信息材料进行了整理，描述了撒克逊地区

的矿物，特别是对铋进行了研究。值得注意的是，在 1530 年，他把矿物进行了分类，分为可燃矿产、土壤、盐、宝石、金属和矿物混合物六类，并详细地描述了这些矿物的典型性质——晶形、颜色、透明度、光泽、味道、气味、硬度等。他的工作成为后人描写矿物的指南。

1546 年，阿格里科拉出版了《化石的本质》一书；1556 年出版了第一本矿物学教科书《论金属》，见图 1-40。这是一部经典的矿物学著作。在这部著作中，阿格里科拉总结了前人的矿物分类体系，并与自己的研究结合在一起提出了自己的分类系统——以矿物的物理性质为基础的分类。内容包括：颜色、重量、透明度、光泽、味道、气味、形状纹理、硬度、耐磨度、光滑度、溶解度、熔化度、脆性、解性、可燃性等等。同时，他还对找矿的方法和采矿设备进行了介绍和评述。见图 1-41、图 1-42。


GEORGII ACRICOLAE

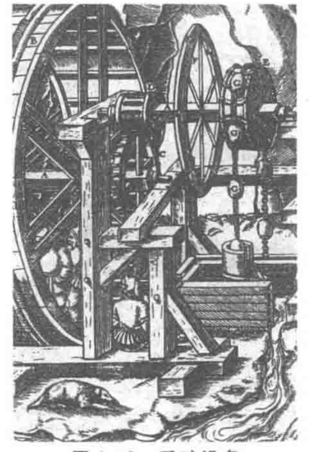
DE RE METALLICA

LIBRI XII.

QUIBUS OFFICIA, INSTRUMENTA, MACHINAE, AC OMNIA DENIQUE AD METALLICAM SPECTANTIA, NON MODO LUCULENTISSIME

图 1-40　阿格里科拉《论金属》（原文拉丁文版）


图 1-41　采矿方法


图 1-42　采矿设备

《论金属》一书共有 12 卷，其目次为：

第 1 卷：综述；第 2 卷：矿山工程师手册；第 3 卷：矿脉龟裂及岩层；第 4 卷：矿山工程师对矿区的测量；第 5 卷：矿脉开采及矿区测量法；第 6 卷：矿山用具及机械设备；第 7 卷：矿石的试验；第 8 卷：选矿、洗矿、粉碎及焙烧法；第 9 卷：矿石溶解法；第 10 卷：贵金属及非贵金属分离法；第 11 卷：从铜锆中分离出金和银；第 12 卷：盐类：明矾、硫黄、沥青及玻璃的制作法。

《论金属》一书是在阿格里科拉逝世后出版的。该书是他学术研究和实践的巅峰之作。他的著作中资料的搜集相当丰富，包括了当时欧洲各国关于矿产所能搜集的资料，如摩拉维亚从 6—14 世纪的资料；捷克从 7 世纪以来关于有色金属金、银、铅、铜矿的开采情况；匈牙利 11 世纪，撒克逊 12 世纪开采铜矿的资料以及

14世纪铁矿开采的情况。正因为如此,《论金属》一书被誉为世界经典,被译成多种文字出版。据考证,中国在明代也曾有中译本,名为《坤舆格致》又称《矿冶全书》。

阿格里科拉一生写了7部有关地质学的著作。在他成名之后,阿格里科拉用他的矿物学知识进行了有效的投资,使他迅速致富。他曾被当时撒克逊的毛瑞斯公爵任命为姆尼茨的市长兼任撒克逊的法庭评议员,还出任查尔斯五世的神圣罗马帝国大使。作为一位学者、天主教徒,阿格里科拉真可谓名利双收。但对地质学的热衷始终是他努力的方面。1555年11月21日,阿格里科拉逝世。终年61岁。

# 三、中国古代地学思想

地质科学是研究地球历史及其发展规律的科学，构成现代地质科学的思想体系，形成并推动现代地质科学发展的基本理论，大都源于古往今来人类对其生存繁衍的地球物质运动的观察、思考和实验探索。这个过程始终按照人类社会发展由简单到复杂，由无知到有知，由愚昧到文明的认知过程发展。

人类生存的地球是洪荒宇宙中一个具有多圈层、多种运动形式，存在了46亿年之久的复杂星体。对地球的认知，仅从某一方面的发展规律来了解，往往需要几年、几十年甚至几百年的时间。作为构成现在可以被人们所接受的地质科学理论的基本思想，大多可以在很早以前人们对自然奥秘的探索中找到认识的源头和思想的萌芽。

在中国古代，至少在2000多年以前就有人意识到一个现象，就是我们祖国的陆地形态是一种呈现出西部高东部低的状态，基于这种认识，就有了唐朝大诗人李白发出的“君不见黄河之水天上来，奔流到海不复回”的感叹。用现代地理学的解释，李白所说的“天”是指黄河源头位置之高，所说的“海”则指海拔的低，只有形成高低之间的落差，黄河之水才可以奔流。实际上，从黄河的发源地到大海的直线距离大约有2 160 km，而黄河的实际长度则有5 464 km。李白并非完全发挥了文人的想象，他的诗句描写了中国地形的西高东低的典型特征。

在古代，受社会发展文明程度的制约，人们对地球的认识难免是片面的、肤浅的。但缘于人类生存的需要，在生产力低下，科学技术并不十分发达的时期，人们对自然界中本身存在的自然规律的探索，只能是直观的观察和凭借着主观臆想的推测和判断。尽管如此，这些观察、认识、推测和判断，不断更新着内容，孕育着新的认识、新的推测，并不断得出新的判断。几千年来，这些闪耀着人类智慧的火花，照亮了人类文明的路途，科学的发展由此走向人类的社会生活。

正如科学文化的产生与发展，随着人类对自然界的探索，经过自然哲学阶段而进入自然科学和现代科学一样，中国古代地学思想传递了大量有关古人对自然界的认识、见解而形成的理论、观点和学说。

## “阴阳说”、“五行说”所表现的唯物辩证的自然观

中华民族是有着大智慧的民族。在中国古代，自然哲学的认识也是相当丰富的。当古希腊的哲学家们讨论万物起源的时候，中国古代的先贤们也在探索自然万物是如何形成，怎么变化发展的问题。在中国古代自然哲学中，对自然界万物形成问题的认识集中地表现在“阴阳说”和“五行说”之中。

“阴阳说”与“五行说”是我国古代先贤最早对于自然界中万物生成及其运动规律性的解释。其认识表现为辩证的唯物主义自然观。

“阴阳说”出自《周易》，认为世间万物皆有“阴”、“阳”，并将天与地作为阴和阳的起始，即所谓“一阴一阳谓之道”。阴阳的相互作用产生了世间万物，自然界所有的物质都在阴阳交互作用下产生运动和变化。“二气感应以相与……天地感应而万物化生。”由此可以看到，阴阳学说主张宇宙间的万事万物都存在着既相互对立，又相互作用的正反两个方面。据考证，“阴阳说”出现于商周之际(公元前 11 世纪)。

《周易》一书，实际是由两部分组成，《易经》和《易传》。《周易》的出现，是由于人们对当时一些无法解释的自然现象求得答案的一本用于占卜的书。在古代，人们用于判断一件事物是好还是坏的方法(判断吉凶)最初是用龟壳作为载体，将其投掷在地上，看其着地的是正面还是反面来做出判断。书中用“—”(阳爻)、“— —”(阴爻)分别代表正反两种情况，称为“两仪”。由两仪可以产生太阳、少阴、少阳、太阴“四象”，图形表现为：

⚌ ⚍ ⚎ ⚏

太阳 少阴 少阳 太阴

由“四象”还可产生出八种排列，称为“八卦”，图形表现为：

☰ ☱ ☲ ☳ ☴ ☵ ☶ ☷

乾 兑 离 震 巽 坎 艮 坤

而这乾、兑、离、震、巽、坎、艮、坤八卦分别代表构成自然界万物的八种最基本的物质，既天(乾)、地(坤)、风(巽)、雷(震)、水(坎)、火(离)、山(艮)、泽(兑)。这八种物质的变化，阴阳的对立统一是万物生成之本。

阴阳说讲的是一种自然界事物周而复始的循环变化。“无平不陂，无往不复”，这种无往不复的现象可以指日月循环，有了日月的循环才有了白天和黑夜之分；也可以指寒来暑往，有了寒来暑往才可以出现日月更替；平地可以累积为山丘，山地也可以均夷为平地，而形成地表的山川地形，这就是无平不陂。

阴阳说还被用于解释正在发生的自然现象。如西周末年周幽王(公元前 781—770 年在位)时三川地区(泾水、渭水、洛水)发生了地震，大夫伯阳父解释道，

"阳伏而不能出，阴迫而不能蒸，于是有地震。"实在是由于阳失其所而镇阴的需要产生了地动的事情。

五行说的出现大约与阴阳说出现的年代相同或稍晚一些。五行说最早见于《尚书·洪范》："孜孜无怠，水火者，百姓之所饮食也；金木者，百姓之所兴作也；土者，万物之所资生也，是为人用。"五行说认为自然界中所有的物质都是由金、木、水、火、土五种物质构成，而这五种物质都是人类赖以生活和劳作的物质对象，而土则是万物借以生长的基础。《尚书·洪范》中还讲："五行，一曰水，二曰火，三曰木，四曰金，五曰土。水曰润下，火曰炎上，木曰曲直，金曰从革，土爰稼穑。润下作咸，炎上作苦，曲直作酸，从革作辛，稼穑作甘。"从这段话中我们不难看出，古人对金、木、水、火、土五种物质的特性作了合理的解释，并把它同人的感觉结合起来了。为《尚书》作注的孔颖达说："洪，大；范，法也。天地之大法。"我们借此可以将《洪范》理解为古代人们利用获得的生活经验来解释天地的大法。那么，五行很自然地可以看作为万物的根本了。在我国古代文献《国语·郑语》中有这样的话："夫和实生物，同则不继。以他平他谓之和，故能丰长而物生；若同裨同，尽乃弃矣。故先王以土与金木水火杂，以成百物。"这段话的意思是什么呢？可以这样来理解，物质是由元素（实）组合（和）而成的，单一的元素不能被分化，形不成物，如果把不同的元素组合起来就能够长足发展，形成各种物质。如果把相同的东西加在一起，还会是那个东西，没有变化发展的东西只能归于灭亡。五行说的思想显然是一种元素说的理论。

五行说的出现，反映的是唯物的、辨证的元素论自然观，对天文、地质等都有影响。到了战国时期，阴阳说与五行说被一个叫邹衍的人将其综合在一起而形成了"阴阳五行说"。到这个时候，阴阳五行说便陷入了一种历史唯心主义的循环论，偏离了科学的方向。

## 《老子》以"道"为核心的宇宙演化说

公元前570至公元前470年之间的春秋末年，活跃着一位伟大的思想家和哲学家，我国道家学派的创始人——老子。见图1-43。

老子，姓李名耳，字伯阳，或称老聃，楚国苦县厉乡曲仁里人。曾做过周朝管理藏书的官员。他的代表作《道德经》和被奉为经典的《易经》、《论语》合成三部对中华民族影响深远的三部著作。《道德经》共81章，全文5 000余字。所谓道德，指的是道为德的体，德是道的用。《道德经》最初的书名为《老

图1-43　老子

子》,《道德经》之名是后来被沿用的。

以老子为代表的道家学派把"道"作为自然万物生成演化的根源。

作为一位思想家、哲学家,老子所思考的自然是世间万物如何形成,为何变化的问题。他觉得在人类生存的这个空间里,肯定会存在着某种规律性的东西,因为发生在人们身边的事情虽然会表现出千差万别,然而在这些千差万别之中又存在某种相似性。因此,他就他的观察和思考,试图建立一种可以解释宇宙万物发展变化的理论。他认为,任何一件事物并不是单一的和静止的,而是呈现一种相对复杂和变化的状态。

《老子》认为:"有物混成,先天地生,寂兮寥兮,独立而不改,周行而不怠,可以为天下母,吾不知其名,字之曰道。"、"天得一以清,地得一以宁"、"道生一,一生二,二生三,三生万物"。其实,老子所认为的道,就是要求人们按照自然界本身存在的规律去办事,也就是他所坚持的"人法地,地法天,天法道,道法自然。"人可以了解和认识自然界,但要在不干预自然界发展变化的前提下进行,这就是道家强调"无为"的原因。老子关于"道"的理论很值得我们去研究,用现在人们的理解,把所谓"道"理解为"自然规律"似乎更觉合适。老子以"道"的认识推论出地球生成演化的思想,抛弃其时代的局限性不谈,这种认识含有朴素的辩证观念,在那个时代已是很难得的了。

## 气为万物本源的"元气说"

继老子提出以"道"为核心的自然观之后,到了战国时期,以宋钘(约公元前 370 年—公元前 291 年)、尹文(图 1-44)(约公元前 360 年—公元前 280 年)为代表的宋、尹学派则提出了新的见解——"元气说"。


图 1-44 尹文

宋钘和尹文提出的"元气说"是在老子的认识基础上改造而成的。宋、尹二人都是战国时期著名的哲学家,他们所持的"元气说"观点在《管子·内业篇》中有记载:"凡物之精,此则为生。下生五谷,上为列星。流于天地之间,谓之鬼神;藏于胸中,谓之圣人。"意思是说,有这样一种东西,叫精气,可衍生万物,自然界中存在的所有物质都是由于精气的变化所形成的,气是万物之本原。

宋钘、尹文所主张的"气"和老子所提出的观点是不同的。宋、尹所谈之气是一种"其细无内,其大无外"的"气",也就是说,这种气可以小到无穷尽的小(细无内),由于它无处不在地流于天地之间,则又是可以大到无


图 1-45　荀况

限(大无外)。这的确是一种新的见解。在宋钘、尹文之后,著名思想家荀子(图 1-45)(约公元前 313 年—公元前 238 年)对宋、尹的"元气说"有所继承,指出水火、草木、动物和人都是由气衍生而来的。

"元气说"的可贵之处在于,这种认识已经涉及了物质的无限可分性和宇宙空间的无限性的问题,因此,"元气说"在中国古代有着广泛的影响,有关宇宙形成,地球运动等方面的理论,都以"元气说"来立论。

## 关于"天圆地方"

前面所谈到的几种学说,都是围绕着什么是万物本原的命题展开的。围绕这个命题,随之出现了宇宙是什么?天地是什么形状的?等等问题。中国古代自然观的出现就是针对这些无法解释的问题,先贤哲人们根据直观的观察,通过总结观测的经验,再加上深入的思考而进行的探索和思考。现在,我们将古人描述的万物形成的学说和思想,冷静地分析一下,可以发现,有三个现象促使古人展开了深入的思考。第一点,有重量的物体都会下落。在古人的视野中,有形的东西就会有重量,而有重量的东西必然直线下落,除非有东西支撑着它。中国古代有"杞人忧天"的典故,讲的是杞人看到天是有形的,但看不到什么东西在支撑着天,所以他总是担心会有一天天会掉下来。因此,中国古代的各种宇宙理论必然要回答天地为什么不会坠落的问题。第二点,我们生活的自然界有高山、平原、河流、湖泊,水总是由高向低处流动的。但是人们看到的水为什么有时会是一个不流动的平面呢?因此,有些人见到平静的水面时,想象着大地也应该是平的。第三点,当人们抬头往天上看时,会看到"斗转星移"的景象,这就使古人会想到天应该是一个圆的球形,否则天是不会转动的。围绕着这几个问题,古人很自然地产生了天圆地方的认识。而这种天圆地方的认识曾在我国古代长期流行。

对天圆地方的认识,也有一个认识的过程。最初,在传统的观念中,"天高地卑"的认识占据人们的思想。如春秋时期的思想家邓析(公元前 545 年—公元前 501 年)首先提出了"天地比"(《荀子·不苟》)的概念,而后战国中期的著名学者惠施(公元前 370 年—公元前 310 年)提出了"天与地卑"的主张。惠施认为,星辰随着天空,每天在东边升起之前和西落之后都是在地平线之下的。因此,天是可以与地卑(卑意为平)的。这种见解无疑对天圆地方的认识提出了质疑。生活在春秋末期的曾参(公元前 505 年—公元前 436 年)指出,"诚如天圆而地方,则四角

之不揜(掩)也。”意思是说,如果天是圆的,地是方的,我们怎么看不到方形的四个露出的角呢?这些质疑无疑是古代的哲人们对客观事物进行了细致的观察,不断分析而是认识更趋深入的结果,而这些问题和地质知识的积累密切相关。

## 用数字表达的“盖天说”

中国古代关于宇宙理论的论述主要有六种。其中的“盖天说”、“浑天说”、“宣夜说”最具代表性。



图 1-46 盖天说示意图

从宇宙理论的角度看,天圆地方的认识所表达的是一种天圆说。到了西周时期,随着人们认识的深化,天圆说演变成为盖天说。见图 1-46。

盖天说,从其形成过程来说,可以分为两个阶段,也可以看做是两次认识上的发展。第一次提出的是“天圆如张盖,地方如棋局”的观点,也就是所谓天圆地方的概念。第二次转变为“天象盖笠,地法覆盘”的认识,是在第一次的基础上,天圆的概念不变,而“地方”的观点被大地像一只倒扣的“圆盘”所替代了。祖冲之的儿子祖暅认为,盖天说本身也有几种不同的认识。他在《天文录》中讲到:“盖天之说,又有三体:一云天如车盖,游乎八极之中;一云天形如笠,中央高而四边下;一云天如欹车盖,南高北下。”由此看来,盖天说中的“天圆如张盖”的盖也分为几种形状了。

盖天说的出现最早见于《晋书·天文志》的记载:“天圆如张盖,地方如棋局”,其历史年代应在殷周时期。成书于公元前 1 世纪以前的《周髀算经》中有这样的记载:“极下者,其地高人所居六万里,谤沲四隤而下。天之中央,亦高四旁六万里。”“天离地八万里。”从这样的记载中,我们很形象地看到了天地的形状,而且是用数字表达出了天的高度,地的大小。在没有任何观测仪器和设备的条件下,仅凭肉眼的观测,产生如此极富想象力的推测,因此,这种具体的表达和描述完全是人们直观的产物。所谓“张盖”,是人站在地上某一个固定的位置,抬头看天,天很高,斗转星移,再平视四周,天和地在视线的尽头相交,这不就像一个盖吗。为此,在南北朝的歌谣中就有了“天似穹庐,笼盖四野”的词句,对天的描写十分形象。而关于“地方”的猜测,实际上是由于当时的社会发展程度所致,因为古代的技术落后,人类的活动范围受到各种因素限制而区域不大,用圆来形容地的形状似乎不大合适,用“方”来表达是可以说得通的。因为“方”有四至,是可以划定具体范围的。所以《尸子》中讲:“四方上下曰宇”。我们可以把最初的“天圆地方”的盖天说,理解为是天拱地平说,用古人的认识表述为天有中央,又有四旁,是一个倒扣

的锅，由中央到地旁为 6 万里。地，从人居住的平地到极地也是 6 万里，而且是从四面八方下降到平地的。我们又可以把它想象为我们经常吃的圆圆的馒头。

这种早期以天拱地平为表现的盖天说，以为大地是不动的，天体是旋转的，日月星辰在天穹之上，随着天穹的旋转而运动。天穹本身有一个极点，天穹的旋转就像是一个车轱辘绕着车轴的旋转一样。最初，人们对天的认识以为天的最高处——天顶，就是天的中心，但后来发现北斗星绕着不动的北极星旋转，便转而认为北极星是天的中心。实际上，用现在的天文学知识来解释这个"极"点，那是因为天穹上这个极是地球自转轴正对的一个点，所以称为天体周日视运动不动的极。由于古人认为大地是不动的，所以对天体周日视运动那个不动的极，便认为是天的极点了。然而这种盖天说仍然不能解释所谓天盖为什么不会掉下来，天的圆与地的方如何吻合，天盖为什么要斜着盖在大地上的问题。

继所谓天拱地平的盖天说之后，又出现了新的盖天说——天拱地拱说。这是盖天说理论的第二阶段。

新的盖天说主张"天似盖笠，地法覆盘，天地各中高外下。"(《晋书·天文志》)意思是说，天穹就像是一个斗笠，大地就像是一个翻过来底朝天的盘子。天和地都是中间高而四周低的。这种认识摒弃了先前所谓的"地平"的观点。这就是所说的天拱地拱，天曲地曲的盖天说。在这种认识下，天如何盖住方形大地的问题解决了，天与地的吻合显得和谐了很多。从过去认为大地是平直的过渡到大地是拱形的，看似一个简单的问题，实际上是古人对大地形状认识上的一个重大的发展，是值得庆祝的可喜的一步，因为这是人类探索地球奥秘过程中向球型大地观念发展的重要的过渡形态。

从天拱地平的盖天说到天拱地拱的盖天说，古代哲人在人类探索自然，解释自然方面做出了积极的贡献。但无论是旧盖天说还是新盖天说都无法解释日月运行的问题，因为这个理论只承认半个天球的存在，而不讨论另外半个天球的问题。到了唐代，天文学家张遂(一行)在进行大地测量时，发现从河南滑县到上蔡的距离是 526.9 里，但日影已差 2.1 寸，这个结果与盖天说理论假设的"王畿千里，影差一寸"的结论是完全不符的。这就说明了盖天说的基本假设是错误的。

## "浑天说"与张衡

"浑天说"也是中国古代一种宇宙结构假说。从《石氏星表》提供的天体位置数据表明，公元前 4 世纪已有浑仪。因此，可以推论浑仪是以浑天说的理论为支撑制造的。时隔 500 多年，东汉张衡制造了浑天仪。在《浑天仪图注》中，张衡表达了"浑天说"的基本思想："浑天如鸡子。天体圆如弹丸，地如鸡子中黄，孤居于

天内，天大而地小。天表里有水，天之包地，犹壳之裹黄。天地各乘气而立，载水而浮。"很显然，浑天说是继承了元气说而建立的。以元气说为依据的浑天说之所以能够替代盖天说，主要是因为浑天说认为大地是球形并主张宇宙是一个无限的物质空间。见图 1-47。

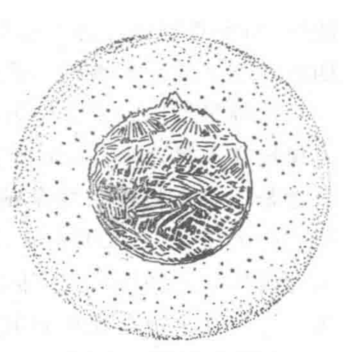


图 1-47　浑天说示意图

张衡字子平，公元 78 年生于南阳西鄂(今河南南阳市石桥镇)，是我国东汉时期伟大的科学家(图1-48)。他的研究涉及天文学、数学、地理学、文学，曾任郎中、太史令等职。晚年入朝任尚书。张衡文才出众，尤其他的名篇《二京赋》、《思玄赋》和《归田赋》被历代名家所推崇，视为他的代表作，与司马相如、杨雄、班固并称汉赋四大家。张衡于公元 139 年去世，在他死后近 900 年的北宋时期他被追封为西鄂伯。这在中国历史上是不多见的。在国际上，张衡的杰出贡献也得到肯定。1970 年，联合国天文组织将月球背面的一个环形山命名为"张衡环形山"，1977 年，将太阳系中的 1802 号小行星命名为"张衡星"。2003 年，国际小行星中心为纪念张衡及他的诞生地河南南阳，又将小行星 9092 命名为"南阳星"。



图 1-48　张衡画像

在南阳，张氏家族是当地的显族，他的祖父张堪，在当地被称为圣童，曾任蜀郡太守，做官名声很好，清廉亲民。张衡自幼对他的祖父十分尊重，视为自己的榜样。据说张衡 5、6 岁时就对满天星辰极感兴趣，请求父亲教他如何识别天上的星星。然而，在他 10 岁的时候，父亲去世，张衡 16 岁时便离开家乡游学各地，既增长见识，又广交朋友。

张衡是浑天说的主要代表人物。为什么如此说呢？因为在张衡之前，已有学者对此进行讨论并提出过各自的看法。前面我们谈到盖天说时，已说到天拱地平说和天拱地拱说。那么，沿着从平面的大地到拱形大地的认识再向前发展，就会得出大地是球形的结论。然而，要想从天拱地平和天拱地拱的认识过渡到"圆则俱圆"的发展，必须抛弃半个天球的观念，承认天是一个完整的球，才在理论上确定所谓"球则俱球"的原则。其实，早在公元前 400 年的战国时期，一个叫慎到的人就明确提出了"天体如弹丸"的认识，为浑天说提供了重要的思想来源。而到了

公元前310年左右，一个叫惠施的人也提出了大地是球形的猜想，并留下了10个未解的命题。随着历史的发展，人们对自然界的认识不断地深入，到了张衡的时代，浑天说被最终提了出来。关于张衡的浑天说思想，主要表现在他的著作《灵宪》一书中。在这部书中，张衡集中讨论了天体的演化问题。张衡把天体的演化过程大致分为三个阶段。第一个阶段他称为“溟涬”，意思是说在天体没有形成之前，自然界充满了混沌的自然之气。“太素之前，幽清玄静，寂寞冥默，不可为象。厥中惟虚，厥外惟无，如是者永久焉。”(《灵宪》)。这个时期只有空间和自然之气，除此之外不存在任何的物质，但存在着自然界本身的运行规律。第二个阶段他称为“庞鸿”。所谓庞鸿，是说在大而高远的空间中产生了各种元气，这些元气不断相互混杂、运转，所以自然界是混沌不分界线不明的状态。第三阶段他称为“天元”。他认为自然界到了这个时期，混沌的元气逐渐分开，清的元气上升，形成外部的天，浊的元气下沉，在内形成为地。天为阳气，地为阴气，二气相互作用形成了万物。张衡除了主张浑天说之外，他还主张宇宙是无限的观点。他在《灵宪》中说：“过此而往者，未知或知也。未知或知者，宇宙之谓也。宇之表无极，宙之端无穷。”这种无极和无穷，就是无限的概念。

张衡所主张的浑天说，在当时是很有代表性的，他的思想，甚至超越了后人的认识。譬如，三国时有位学者叫王蕃(228—266年)，此人也是浑天说的主张者，但他的认识与张衡就有所不同。他在《浑天象说》中指出：“天地之体，状如鸟卵，天包地外，犹壳之裹黄也。周旋无端，其形浑浑然，故曰浑天也。其术以为天半覆地上，半在地下，其南北极持其两端，其天与日月星宿斜而回转。”尽管王蕃生活的年代较之张衡生存之年代已相差近200年，但王蕃的思想，仍然没有超越张衡的认识。按照王蕃的解释，我们会提出疑问，既然天地的形状都像鸟卵，怎么会出现半个天在地上，另外半个天在地下的情况呢？由此可见，尽管都是浑天说的主张者，但在个人认识上有些学者受到诸如盖天说的影响一样，其认识和主张是有些混乱的，譬如说王蕃，这也不足为奇。

浑天说的实质，用我们现在的认识来评价，是贯彻了“方则俱方，圆则俱圆”的思想，由此提出了所谓天球套地球的概念，也就是所谓的“球则俱球”的思想。只此一点，浑天说就较盖天说在理论的完备性和认识的规范性方面比盖天说前进了一步。因为依此理论，宇宙就显得比较完美，更趋和谐了。

浑天说的发展到了张衡的时代，可以说替代了此前的盖天说。然而，浑天说也有它认识上的缺陷，譬如，浑天说认为大地是球形的，然而这个球形的大地为什么会长久地悬在空中而不会下坠呢？既然大地是球形的，为什么人们视觉中的水面不是球形的呢？还有，浑天说的理论把所谓大地的中心称为“地中”，这个所谓

的“地中”其位置又在什么地方呢？这些问题我们没有必要苛求于前人，认识是逐步深化的，科学对于自然界的解释更是有一个认识的过程。

张衡一生发明并制作了许多仪器，诸如，浑天仪、地动仪、候风仪、指南车、计里鼓车等等。他的友人称他是“数术穷天地，制作侔造化。”我国著名的学者郭沫若先生称赞张衡是：“如此全面发展之人物，在世界史上亦所罕见。”见图1-49、1-50。

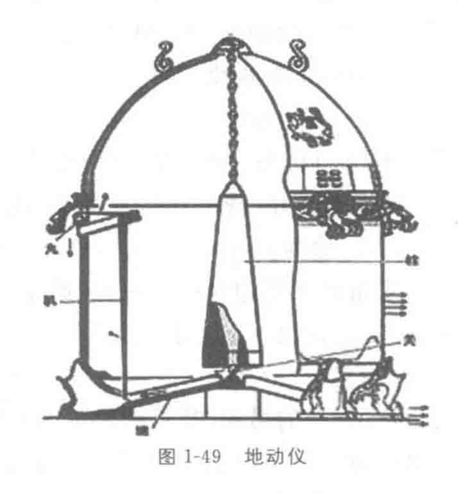


图 1-49　地动仪



图 1-50　地动仪结构图

## 具有“无限”观念的“宣夜说”

在汉代，比张衡早一些，有一位名叫郗萌的人，曾提到关于天体结构的另一种学说——“宣夜说”。由此，我们推论，宣夜说可能是一个古老的宇宙形成理论，这种理论至少要早于汉代就已经出现。关于郗萌这个人物，史籍中没有更多的材料对他加以介绍，只是从一些零散的记述中讲到郗萌做过东汉的郎中，后来升为中郎。在汉代，所谓郎官是一种闲差，随时听候皇帝的派遣，但是会有另外一种情况，这些人中会有一些郎官被皇家征用到宫内做一些典校或撰修著述的工作，这些被征用的人便被称作秘书郎。据有关典籍记述，郗萌曾作“汉秘书郎”的工作，还有些书籍记载郗萌曾做过太史令。不管郗萌做过什么样的工作，在中国历史上有关“宣夜说”的理论是郗萌传述下来的。因此提到“宣夜说”，必须提到郗萌这个人物。

宣夜说较之于盖天说和浑天说的不同，在于宣夜说的核心是抛弃了所谓天球的观念，明确提出宇宙是无限的。据《晋书·天文志》记载：“宣夜之书亡，惟汉秘书郎郗萌记先师相传云：‘天了无质，仰而瞻之，高远无极，眼瞀精绝，故苍苍然也。譬之旁望远道之黄山而皆青，俯察千仞之深谷而窈黑，夫青非真色，而黑非有体

也。日月众星，自然浮生虚空之中，其行其止，皆须气焉。是以七曜或逝或住，或顺或逆，伏见无常，进退不同，由乎无所根系，故各异也。‘故辰极常居其所，而北斗不与众星同没也。摄提、填星皆东行，日行一度，月行十三度。迟疾任情，其无所系著可知矣。若缀附天体，不得尔也。’”这段文字传递给了我们两个信息，一是关于宣夜说的认识，只是郗萌传述了前人的说法；二是介绍了宣夜说的主要观点及其支持这个观点的一些佐证。用我们现在的理解，首先，宣夜说认为“天了无质”，这种观点直截了当地否定了天有其形的观念，冲破了所谓天圆、天拱之说法。也就冲破了天球的界限，宣示了天是无限的见解。同时，宣夜说指出天是无色的，没有形体的，“夫青非真色，而黑非有体也。”为什么会是这样呢？那是因为天离我们太远，所以视觉上看起来是有色、有体的。“高远无极”是什么意思呢？很明显，无极就是无界，这就非常明确地指出了宇宙的无限性，也就无所谓天是球形的说法了。而“日月众星，自然浮生虚空之中，其行其止，皆须气焉……迟疾任情，其无所系著可知矣。”既然天是无形无体的，自然就不需要什么有形有体的东西来支撑它了。所以它们就可以非常自由地运动、变化。由此我们可以想见，古人思维的智慧，在古代的确是十分的超前了。

正是在宣夜说的理论基础上，东晋学者张湛指出：“日月星宿，亦积气中之有光耀者，只使坠，而不能有所中伤。”（《列子·天瑞篇》）张湛的意见解释了天体为什么不会坠落的问题。因为日月星辰也是气，只不过它们是可以发光的气，即使其坠落也不会有什么损坏。进一步说，气浮于气中，还有什么坠落不坠落的问题呢。

还有一位学者，也是东晋时期的人，名叫虞喜。虞喜是东晋的天文学家，是宣夜说的继承和发展者。据《宋史·律历志》记载：“虞喜云：尧时冬至日短星昴，今二千七百余年，乃东壁中，则知每岁渐差之所至。”虞喜是第一位发现“岁差”的学者。我们说虞喜继承和发展了宣夜说，是指他在宣夜说的基础上提出了所谓“安天说”。据《晋书·天文志》记载，虞喜认为：“天确乎在上，有常安之形；地魄焉在下，有居静之体。”按照他的说法，天高穷于无穷，天外还有天；地在下，还有不可知的地在地下。所谓安天说，也是支持了宣夜说宇宙是无限的观点，其理论体系与宣夜说是一致的。

## 地球是运动的

我们生活在地球上，绝大多数人不会去关心地球会不会转动、旋转的事情，而有些人则对地球动不动的问题很感兴趣。譬如，在古希腊，那些自然哲学家们对这个问题就曾展开过争论，而且对地球是否运动的争论一直延续到文艺复兴

时期。

古代中国的哲学家们似乎对地球是否运动不太感兴趣，没有出现西方那种争论激烈的局面。但地球是运动的观点在中国自古就存在了。

在中国古代的战国时期，有一位晋国人名叫尸佼（约公元前390年—公元前330年），人们叫他尸子。尸佼曾写过《尸子》一书，共13篇，但很可惜原书已经无法找到了。尸佼在他的书中说："八极之内有君长者，东西二万八千里，南北二万六千里。故曰：天左舒而起牵牛，地右辟而起毕昴。"意思是说，天和地做着反方向的运动，天的运动是以牵牛星为坐标由东向西转动；地则相反，是以毕宿、昴宿为坐标，由西向东运动。西汉末年的纬书中也记载了与尸佼认识相同的观点，如《尚书纬·考灵曜》中说："地有四游，冬至地上北而西三万里，夏至地上南而东三万里，春秋二分其中矣。"如果我们站在地球上观看太阳的运动，就会感觉到，在冬至的时候，地球偏北，太阳偏南；夏至的时候，地球偏南，太阳偏北；而至春分和秋分的时候看到的地球与太阳是居中的。这就十分明确地描述了地球的空间位移，通俗地讲也就是说，我们居住的这个地球是运动的。《春秋纬·元命苞》中也说："天左旋，地右动。"《春秋纬·运斗枢》中则说："地动则见于天象。"从天的运动可以看到地的运动。在《尚书纬·考灵曜》中记载："地恒动不止，而人不知，譬如人在大舟中，闭牖而坐，舟行不觉也。"我们之所以感觉不到地球的运动，正是因为我们生活在地球上面，因为我们也参与了整个地球的运动。这种感觉就像是一个人坐在门窗关闭的大船上，船在水中游动，而坐在里面的人是感觉不到船在动的道理一样。古人用这个例子解释地球的运动，是十分贴切而又通俗的。很难想象，这种在2000多年以前中国古代哲人提出，并加以明确解释的地球是运动的观点，竟比西方学者的认识早了1600多年。

既然认识到了地球的运动，那么地球为什么会运动呢？这个问题在中国古代也得到了回答。北宋时期的张载是一位哲学家，他对这个问题的解释是"地气乘机右旋于中。"也就是说，大地的旋转是由气的旋转造成的。他还指出："凡圆转之物，动必有机。既谓之机，则动非自外也。"任何可以转动的物体，必然有自己转动的动力。这说明物体本身有可以运动的源泉，而凡是可以做圆周运动的物体，都有自己维持这种运动的能力，并不需要外力作用的推动。这种有说服力的推论，使我们不得不佩服古人超凡脱俗的想象力。

# 四、中国古代的"制图学"



地图是我们大家非常熟悉的，因为它与我们的生活和工作有着密切的联系，尤其是在现在现代化、信息化的社会里，它的作用更显重要。

在我国，地图绘制的历史长达两千余年，几千年的文化积累，从史料和考古的发掘方面都说明了中国在地图制作方法和制图理论发展方面有丰富的内容，其演变的过程，勾画了我国地图事业的历史。作为地学的一部分，地图的出现，从粗略到逐步精确，反映了地图制作过程的历史轨迹，而地图的社会作用历来都受到社会的重视，成为历代政治家和军事家多方运用的资料，成为治理国家不可缺少的重要工具。

"地图"一词，据考证出现于我国的战国时期，如《管子·地图》篇有专论地图的内容，《战国策》一书之中也有几处提到地图，如"臣窃以天下之地图案之，诸侯之地五倍于秦"的话就是苏秦游说赵王时谈到的。大家知道著名的典故"图穷匕首见"中，勇士荆轲要行刺秦王的故事，荆轲就是打着为秦王献图的名义而实施他要刺杀秦王的使命。他所献的图应该是燕国的地图。在此之前，春秋末期的时候，已经有了"版图"这一名词。再往前追溯，则就没有更多的史料证明了。从考古发掘的情况来看，1973 年长沙郊区马王堆一、二号汉墓发掘过程中获得的三幅绘在缣帛上的地图，是现今为止见到的举世罕见的实物珍品。这几幅帛图是世界制图史上最古老而又详细的地图之一。见图 1-51、1-52、1-53。这几幅图的制作



图 1-51　马王堆 3 号墓出土帛书、地形图复原图

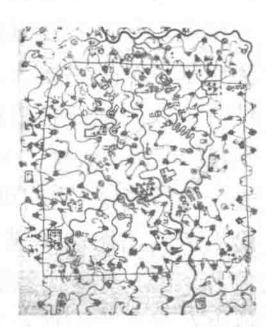


图 1-52　马王堆出土的"驻军图"复原图

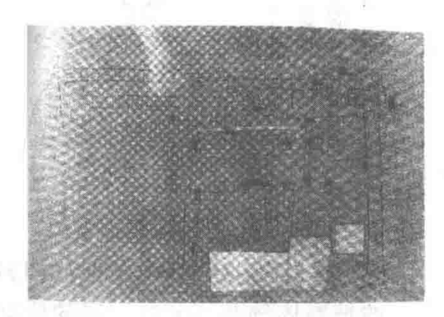
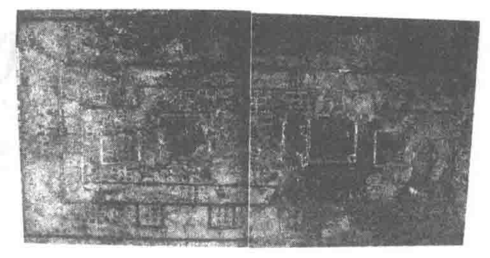


图 1-53　"汉代帛地图"的详细部分

方法，据专家们的研究，从帛图的图面特征来分析，是符合我国古代制图上南下北，左东右西的传统的，在其中的驻军图中我们可以看到，标明有“南”、“东”的字样就是证明。而关于居民点和驻军地、水道、山岭等也都有固定的表示方法，尤其是制图用色分为三种的特点，充分表明了当时的制图工艺已达到了一定的水平。1974 年 11 月，在河北省平山县距今约 2200 年，战国时期的中山国城址发掘出土了一幅《兆域图》，据考证这是目前中国发现的最早的地图之一。见图 1-54。这幅图没有图名，“兆域图”是中国学者给出的图名。从“兆域图”的内容来分析，应该是表现陵墓方位或陵墓设计用的，故称其为“兆域图”。此图是镌刻在一块长 94 cm、宽 48 cm 的长方形铜版上，图的方位表示也是上南下北左东右西。图中有文字 63 处，其中有 38 处为数字及单位，据研究这表示了地图比例尺的概念。这幅地图与马王堆三号墓出土的地图方位是吻合的，不同的是，这幅《兆域图》将我国地图的可考出土年代提前了 100 余年。



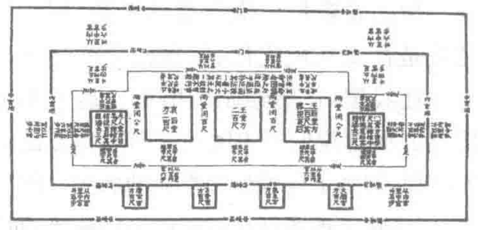


图 1-54　镌刻在青铜板上的“兆域图”。上图为镌刻在青铜板上的“兆域图”，下图为“兆域图”青铜板铭文释文

在我国的制图史上，晋代的裴秀（224—271）是一位杰出的制图学家。见图 1-55。裴秀在他的门客京相番的协助下，绘制了《禹贡地域图》18 篇。这是我国迄今为止最早的一套历史地图。对于此图的制作情况和制作动机，我们可以从《晋书·裴秀传》所引用他写的自序中得到启示：“今秘书既无古之地图，又无萧何所得，惟有汉氏舆地及括地诸杂图，……虽有粗形，皆不精审，不可依据。”从他对过去地图的了解和进行的评价中，我们可以感觉到，裴秀产生了对前人所制地图的不满足，也可看到他有着要超越前人的抱负，而《禹贡地域图》的制作，可以说是他施展能力的机会。关于此图的编制体例及其分幅配置的依据，他也在自序中有所论及：“今上考《禹贡》山海川




图 1-55　裴秀

流，原隰陂泽，古之九州，及今之十六州，郡国县邑，疆界乡陬，及古国盟会旧名，水陆径路，为地图十八篇。”由此我们得知这套图的主要内容是基于《禹贡》所载的山海川流，古之九州，晋出十六州等资料为依据的，其编制的体例及表现方法则是按照他创立的“制图六体”进行的。只可惜这套《禹贡地域图》的原图已经佚失。我们对裴秀的制图理论及成就，只能从其他的材料中得知了。

裴秀在我国的制图史上占据特殊的地位，除去他制作的地图之外，主要是由于他提出了一套制图的理论——“制图六体”。在《晋书·裴秀传》的自序中裴秀写道：“制图之体有六焉。一曰分率，所以辩广轮之度也；二曰准望，所以正彼此之体也；三曰道里，所以定所由之数也；四曰高下，五曰方邪，六曰迂直，此三者各因地而制宜，所以校夷险之异也。……然远近之实，定于分率；彼此之实，定于道里；度数之实，定于高下、方邪、迂直之算。故虽有峻山巨海之隔，绝域殊方之迥，登降诡曲之因，皆可得举而定者。准望之法既正，由曲直远近，无所隐其形也。”他的“制图六体”用现在的认识来做解释，就是六条制图的原则。他讲的分率即指比例尺，准望即是方位，道里则指距离，高下指地势的起伏状态，方邪为倾斜的角度，迂直是指河流、道路的曲直。这个制图的六体之说作为较为完整的制图理论，在世界上，至少在中国历史上是一位划时代的地图名家。

贾耽是唐朝人，官至宰相。见图 1-56。贾耽是继裴秀之后一位著名的地理学家，地图学家，据《旧唐书》记载，“耽好地理学，凡四夷之使及使四夷还者，必与之从容，询其山川土地之终始，是以九州之夷险，百蛮之土俗，区分指画，备究源流。”可见贾耽对地理、时风等是十分痴迷和关注的。这说明他具有成为一名地理学家的内在潜质。在《旧唐书》本传中还提到：“自吐蕃陷陇右积年，国家守于内地，旧时镇戍，不可复知。”乃画“陇右山南图。”他在向朝廷上奏的奏文中还讲：“诸州诸军，须论里数人额；诸山诸水，须言首尾源流。图上不可备书，凭据必资记注，谨撰《别录》六卷。”由此可见，贾耽的地理学思想，兼具了军事学的思维，这也是他能官至宰相的一个原因。

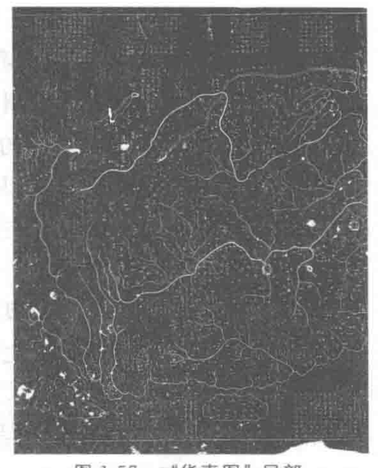


图 1-56　贾耽

公元 784 年，贾耽编绘《海内华夷图》，同时撰写了《古今郡国四夷述》40 卷，以此成就了他作为一位地理学家、制图学家的地位。

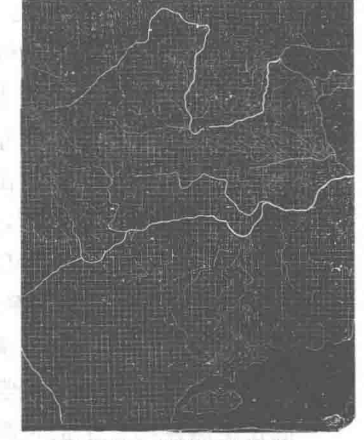
他在中国制图史上的贡献主要是开创了以朱墨（即以红色、黑色）分注古今地名的先例。他遵循裴秀的“制图六体”的原则，绘制了《关中陇右及山南等图》和《海内华夷图》。然而两图均已失传，但是据西安碑林保存的石刻《华夷图》中我们

还可以看到《海内华夷图》的大概情况。见图 1-57。

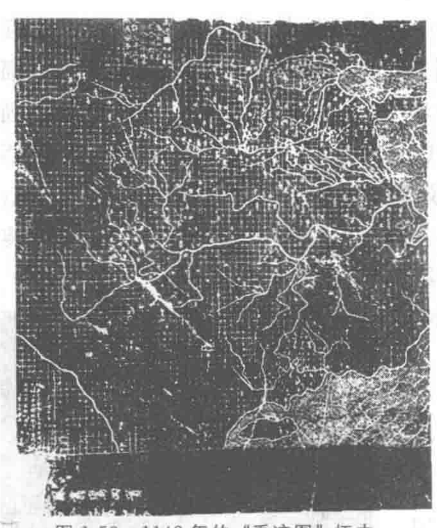

图 1-57 "华夷图"局部

在西安历史博物馆内的碑林，创建于 11 世纪的北宋时代。碑林中集中了公元 4 世纪北魏以来北方的大量刻石。其中有两块石碑就是《华夷图》和《禹迹图》。据碑上的题记记载，两块碑同时刻成于阜昌七年(1137 年)，既南宋高宗绍兴七年。这两块碑都沿用了裴秀、贾耽两位著名原作的名称。据学者考证，尽管使用了裴秀、贾耽的名称，但从内容来看未必符合两家原图的内容。因为在原作早已失传的情况下，这两块石碑所表现的内容，很可能是辗转传抄后留下的复本。尽管存在这些学者们要考证讨论的问题，但这两块石碑被保存得非常完好，从其拓本上可以直接了解这两幅编制于 800 多年前的地图上的内容，所以，在马王堆汉墓出土的帛图没被发现之前，这么好的拓本一直是人们能够直接了解到的最古老的地图了。

从其拓本来看，《华夷图》的下角小记提到了"唐贾魏公图"字样，可以认为是贾耽《海内华夷图》的传抄本。《华夷图》中有关"华"的内容，其山水地名大致都依照宋代的名称来标注。除州、郡名以外，同时还兼用宋代驻军的名称，但也有宋代之前古地名标注的情况。譬如，北宋时推崇道教，在图上对于泰山、嵩山等五岳的名称都注为东岳、中岳等；而在东北的辽东，则注有"舜之营州，汉辽东郡，唐安东府"的注解就说明了这个情况。《华夷图》是一幅当时的全国地图，图上大约有 500 多个地名，标注有名称的大小河流 13 条之多，还标有 4 个湖泊和 10 条山脉。


图 1-58 "禹迹图"局部

《禹迹图》在图额处注有"禹迹图每方折地百里，禹贡山川名，古今州郡名，古今山水地名，阜昌七年四月刻石"字样。据学者分析，《禹迹图》的名字，可能是因编绘地图的人根据裴秀的《禹贡地域图》的轮廓，而在内容的表现上，除"禹贡山川名"之外，又加入了"古今州郡名"而得名的。见图 1-58。《禹迹图》的尺寸为 80 cm×79 cm，此图最令人重视的是图上绘有方格，表示图上的长度与实地尺寸的比例，也就是现在地图所表示的比例尺。方格的边长代表实地的距离，所以《禹迹图》是我国第一幅在全国地图


图 1-59　1142 年的"禹迹图"拓本

上标有方格网的地图。这说明了我国在地图绘制上方法的进步，有了方格网的存在，《禹迹图》就具备了"现代"地图的特征。因此，著名的中国科学技术史研究学者李约瑟评论说："无论是谁把这幅地图拿来和同时代的欧洲宗教寰宇地图比较一下，都会为中国地图学当时大大超越西方制图学而感到惊讶。"

《禹迹图》还有一个版本，既在江苏镇江发现的刻于 1142 年的《禹迹图》碑刻。见图 1-59。这个版本与 1137 年的托本相对照，两个版本基本上是一致的。如"每方折地百里"，地名及山脉河流的名称等等。在 1142 年的拓本上注有："元符三年正月以长安本刊刻石"字样。元符三年为公元 1100 年，这就说明 1142 年的刻石其编绘的年代为公元 1100 年。


图 1-60　沈括

沈括是中国历史上的著名科学家（图 1-60）。关于沈括在地学及制图学上的贡献，我们将在后面的章节中作介绍。在这里只就沈括在地图发展中的作用重点提一下。

公元 960 年至 1279 年这个时期，是中国历史上的宋代。宋朝时虽然国家只有半壁江山，不断受到外患的威胁，但在文化和科学技术领域则是一个繁荣的时期。就制图学而言，以沈括为代表，比较于唐代有了新的发展。其中值得关注的有：《淳化天下图》、《熙宁十八路图》、《景德山川形势图》、《天下州县图》（此图又称《守令图》）等。

沈括绘制的《天下州县图》或《守令图》是宋代制图的代表。沈括在他的著作《梦溪笔谈》中有这样的记载："地理之书，古人有《飞鸟图》，不知何人所为。……如空中鸟飞直达，更无山川回屈之差。予尝为《守令图》，虽已二寸折百里为分率，又立准望、牙融、傍验、高下、方斜、迂直七法，以取鸟飞之数。图成，得方隅远近之实，始可施此法。分四至八到为二十四至，以十二支、甲乙丙丁庚辛壬癸八干、乾坤艮巽四卦名之。使后世图虽亡，得予此书，按二十四至以布郡县，立可成图，毫发无差矣。"这段话所讲的正是沈括的制图理论——"制图七法"。沈括运用他的

制图理论绘制的《守令图》应该是完美的，但可惜世无所藏，我们只能在想象中窥见它的情形了。据史料记载，沈括的《守令图》不止一幅，而应该是有总图和分幅图组合而成的一套图。沈括在他的《长兴集》卷十六《进守令图表》中写道："今画《守令图》，并以二寸折百里，其间道路迂直，山川隔碍处，各随事准折。内废置郡县，开拓边境，移徙河渠，并据臣在职日已到文案为定。后来系臣罢职，别无图籍修立。大图一轴，高一丈二尺，广一丈，小图一轴，诸路图一十八轴，并用黄绫装裱。副本二十轴，用紫绫装裱。"由此可见，所绘《守令图》为套图，应该是成立的。

谈到宋代的地图，由黄裳绘制的《地理图》是应该提到的。



图 1-61 "地理图"

黄裳（1146—1194 年）生于宋高宗绍兴十六年（1146 年），卒于宋光宗绍熙五年（1194年），四川隆庆府晋城人（今四川广元市剑阁县）。黄裳自幼聪慧好学，为人耿直持正，曾辅佐过宋孝宗、光宗、宁宗三朝皇帝，是一位具有爱国主义思想的科学家。作为一位制图学家，黄裳绘制了《天文图》和《地理图》，刻石于苏州，《石刻地理图》保存在现在的苏州旧孔庙。见图 1-61。

《地理图》中有王致远题写的跋。由此跋我们可得知此图上石于南宋淳祐七年（1247 年）。从中我们还了解到此图的底本得于蜀，由于黄裳在浙江做官，所以在苏州刻石这是可以理解的，黄裳的目的是"摹刻以永其传"。而这个由蜀得到的底本原图，是黄裳进献朝廷的，"兼山黄公（既黄裳）为嘉邸翊善日所进也。"在王致远的跋之前，还刻有一段长跋，其文字中讲到了自周秦以来各国分合的情况，进而谈到国朝创造王业的艰难，最后讲到绘制此图的目的，是劝勉嘉王以这幅地理图作为规复失地的一面镜子，以便从中得到经验和教训。由此我们可以看到黄裳做这幅《地理图》的目的，是怀有深厚的爱国主义情怀的。因此，人们把黄裳的《地理图》作为一幅政治地图来看待。

元时期，是蒙古族统治的王朝。从国家统治的方法上，元代沿袭了宋代统治者治理国家的方式，而在制图学领域里，朱思本所编绘的《舆地图》可以作为元时期的代表。

朱思本（1273—?）字本初，号贞一，江西临川（今抚州）人，生于南宋咸淳九年。



图 1-62　朱思本

见图 1-62。入元朝后，由于受家族哀宋朝灭亡之痛，而不与新的皇朝合作的影响，朱思本在不到 14 岁时便进入道教学习道学。除去朱思本在政治取向方面的选择外，在他的心中是立有在科学上做一番事业的心迹。他曾游历考察了很多的地方，历时 20 余年，足迹遍及华北、华东、中南地区。而绘制地图正是他为什么要进行考察的目的，这是他在心中早已有了的一个志向。

朱思本的考察采用了“讯”、“寻”、“考”、“核”、“验”的五种方法，也可以称为五种原则。他在《舆地图自序》中讲：每到一地“往往讯遗黎，寻故道，考郡邑之因革，核山河之名实，验诸滏阳、安陆石刻《禹迹图》、樵川《混一六合郡邑图》。”朱思本的考察按照这五个步骤和方法，可以说是非常认真客观地在进行既定的科学考察和实验。然而，朱思本的《舆地图》未能存世，对朱思本及《舆地图》的一些情况，我们只是根据零星的资料了解到的。据《铁琴铜剑楼书目》卷二十二记载：“《贞一斋杂著》一卷，诗稿一卷，元朱思本撰。……尝以周游天下，考核地理。竭十年之功，著有《舆地图》一卷，刊石于上清之三华院，惜今不传。”这是十分可惜的事情。然而，幸有明代罗洪先增补的《广舆图》尚存，是我们能从中见到朱思本《舆地图》的一些旧迹。

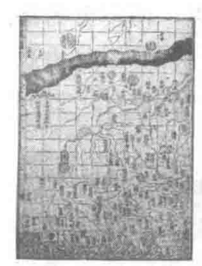


图 1-63　《广舆图》中的总图




图 1-64　《广舆图》的图例

《广舆图》（图 1-63、1-64）是被后世推崇的作品，图的编制者是明代的罗洪先。《广舆图》是一部集政区、边防、水道、邻国，及其附有说明文字和图表的地图集。这个地图集其特点表现在保存和继承了元代地理学家和制图学家朱思本《舆地图》计里画方的方法，制定了一套以几何符号为主的图例符号的表示方法，影响了明末至清初地图的制作，从而在中国形成了一种《广舆图》体系。到了清代，由康熙主持，集中中外学者，采用天文和三角测量的方法，历时八年测量绘制了中国全图《皇舆全览图》。见图 1-65。该图的制作是中国第

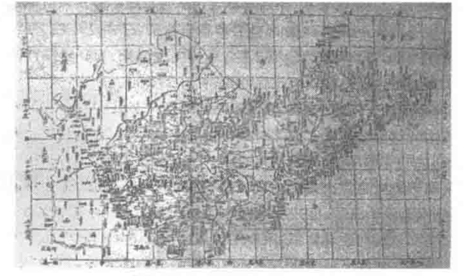


图 1-65　《皇舆全览图》中的“山东全图”

一次采用地图投影的方法，以实际测得的数据为依据绘制而成的。这幅图是当时世界上所绘面积最广的地图。而成图于乾隆二十五年(1760)的《乾隆内府舆图》是在《皇舆全览图》的基础上绘制的。此图的范围远远超出了《皇舆全览图》，包括南至琼海、北至俄罗斯北海、东至东海、西至地中海、西南至东印度地南海的广大范围。是当时世界上最完整、最精确的中国地图。此图成为后来的《皇朝一统舆地全图》、《皇朝中外一统舆图》和《皇清地理图》的蓝本。

关于地图的发展历史，清末民初的杨守敬是必须要提到的。杨守敬是著名的历史地理学家、史学家和金石书法家。他与邓永修等人集15年的努力，完成了《历代舆地图》。这是中国历史上最完整的一部大型历史地图集。这部图集以清朝初年经实际测量绘制的《大清一统舆图》为其地理基础，在表示方法上采用以黑色表示古要素、古地名，以红色表示今要素、今地名的方法，便于古今对照。按历史朝代的先后顺序来进行分幅，上至春秋，下迄明代，表示各朝代统治的范围、行政区划、山川大势、城池、水道、关隘等内容，采用较大的比例尺，内容表现得详细而准确。这套历史地图是古代历史地图的集大成之作。

1934年，为纪念《申报》创刊60周年，丁文江、翁文灏、曾世英等人编制了《中华民国新地图》，由上海申报馆出版(也称为《申报地图》)。此图八开羊皮精装，铜板印刷，内容丰富，图面美观，是中国第一部现代地图集。在中国地图史上，这部图集首次采用了分层设色法，以科学的方法反映了中国的地势特点。该图分为序图、普通地图和城市地图三部分。该图的缩编本为《中国分省地图》。此图集出版后，立即引起了轰动，震动了地学界，被称为“国内地图改革之第一声”，“可与世界进步之地图并列而无愧色”。在国内外影响很大。

中华人民共和国成立后，地图事业发展很快，出版了各类多种地图，其中以八册《中国历史地图集》的成果最为显著。此图集从1954年编绘至1987年全部出齐，历时30余年，是中国历史地图史上的空前巨著。它的分册以历史时期顺序划分，依次为原始社会、夏、商、西周、春秋、战国时期；秦、西汉、东汉时期；三国、西晋时期；东晋十六国、南北朝时期；隋、唐、五代十国时期；宋、辽、金时期；元、明时期；清时期。全图集所收地名约为7万个，将中国自石器时代以来的地区变化的历史沿革最大限度地反映出来，从而反映出一个多民族的国家缔造和发展的过程。

中国几千年的文明史，反映了中华民族的勤劳、智慧，地图历史的发展脉络和成就不可能以很小的篇幅来说明，我们在这里只是择其要点，万不择一，对中国地图史的概貌稍加叙述而已。

# 五、中国古代地学发展概述



在中国悠久的历史和灿烂的文化中，中国古代地学思想和依托科学技术而不断丰富的地学文化，是其中占有重要地位的科学技术和文化之一。尽管这些值得我们骄傲的思想和成就散见在历史文献的记录里，但这些文献提供给了我们认识和了解中国古代地学发展的脉络，尤其是那些闪耀着思辨、智慧、假想的思维，那些反映着我国古代劳动人民勤劳探索、不懈实验所获得的矿业开发、实用技术的发明和发现，无不反映着中国古代地学发展的辉煌成就。

## 中国古代地学文献

在世界文明的宝库里，中国数千年的文明被古人用文字记录下来，令世人赞叹，中国古代地学文献所记录的我国地学文化更是异彩纷呈。

### 1. 先秦时期

我国古代在地学知识的积累及早期地学思想孕育、产生、发展的过程中，经过了原始社会时期的萌发、奴隶社会的发展，随着社会生产力的不断提高，尤其是奴隶社会向封建社会的转变，古代地学知识在社会实践的基础上不断积累，出现了诸如《禹贡》、《山经》、《管子》等集古代地学成就之大成的地学文献。这些文献反映出当时先进的地学知识水平，体现出古代劳动人民在社会实践中所获得的生产实践经验和知识积累，在我国古代地学思想发展史中占有重要的一页。了解这些文献，是认识中国古代地学发展历史的开门之匙。这里，举出一些重要的文献以飨读者。

《山经》

《山经》是我国最早的一部地学著作，是《山海经》中成书最早也是最重要的一部分。据顾颉刚先生考证，《山经》成书于春秋战国时期。《山经》是以当时中国版图为对象来进行地理描述的先例，并对黄金、赤金、铁、铜等矿产地做了记载。

《禹贡》

《禹贡》是《尚书》中的一篇，成书于战国时代，是与《山经》同一时代而较迟的另一部地学著作。相比《山经》对事物的罗列，《禹贡》用极其简洁的文字表述了当

时行政区划、土质、矿产等，从结构上看，《禹贡》采取了既有内在联系同时又有明显差异的区域对比的方法进行记述。作者划全国为九州，假托九州是大禹所划分的政治疆域，实际上是以天然的山、河与海作为划界的主要标志。该书讲述九州的土质、矿产等，与地学有关。

《管子》

《管子》成书于战国时期，全书 24 卷，原本 86 篇，今存 76 篇，其中“地员”篇总结了我国远古时期农业生产实践的经验。该书对平原、丘陵和山地三种不同地带的土地与植物生长的关系作了比较与记述，并探讨了高山地带植物的垂直分布，被誉为我国最早的有关植物生态学的著作。《管子》中的“地数”篇，探讨了矿物共生关系，“山上有赭者其下有铁；上有铅者其下有银。一曰：‘上有铅者其下有鉒银，上有丹砂者其下有鉒金，上有慈石者其下有铜金。’”提出根据矿苗露头与矿物分布规律探矿，具有科学性。《管子》中的“度地”篇，专论水利，其中包括对河曲等自然现象很精辟的记述。

### 2. 秦汉时期

秦汉时期，由于封建制的确立和中央集权统治措施的推行，使这一时期的社会在政治上得到统一，经济上得到发展，社会繁荣稳定，从而促进了这一时期地学知识的大发展。出现了如《史记·货殖列传》、《汉书·地理志》等划时代的地学著作。

《史记·货殖列传》

《史记·货殖列传》是西汉司马迁所撰。书中根据西汉初年的具体情况，结合历史状况，划全国为 17 个地理区域，每区列出地理环境、物产、经济状况、中心城市、历史和文化背景、风俗习惯等内容，是我国最早的经济地理专著，描绘出了 2000 多年前中国经济地理的全貌。

《汉书·地理志》

《汉书·地理志》是东汉班固所撰。该书是我国第一部正史地理志，也是我国第一部以疆域政区为主体的地学著作。这部著作的出现为我国 2000 年来有关疆域政区的沿革地理著述创立了规范。

该志在叙述全国地理时以行政区划为纲目，在郡（国）、县（道、邑、侯国）下，记述了户口数字、山川水泽、水利设施及古今重要的聚落、关塞、名胜古迹等，还有地方特产及工矿和管理机构等等。其中上郡高奴县下记载：“上郡高奴县有洧水，肥可然（燃）”西河郡鸿门下记载：“有天封苑火井，祠火从地中出也。”这是见之于我国文献最早的有关石油的记载。书中还记载铁官 48 处，盐官 36 处。

《尔雅》

《尔雅》19 篇，是我国最早的解释词义的专著。该书非一人之作，据考，其初

具规模约在战国时期，是一部博物词典。《尔雅》中十分清楚地把自然界分为植物、动物、非生物三大类。其中"释地"、"释丘"、"释山"、"释水"四篇是对地理、地质现象的记述与分类，反映出当时人们对自然地理与地质现象的观察已相当细致。

**3. 魏晋南北朝时期**

魏晋南北朝时期是中国历史上的大分裂时期，政局混乱，人民颠沛流离，生活困苦，常年战争对自然界的破坏很大。尽管如此，这一时期社会生产力还是获得了发展。中国古代的地学并未因此混乱的局面而停滞不前，人们对地学知识的渴求反之更为强烈。这一时期由于政局动荡分裂的局面，促成了地方志的大量涌现，为后世留下了珍贵的资料。另外，由于历朝历代文献资料的不断积累，地学知识极大丰富，在古代自然观、宇宙假说的构建方面出现了以"盖天说"为本的宇宙结构理论假说，并呈现出学术争辩的活跃气氛。

此外，这一时期具有影响的成就还表现在制图学方面。西晋裴秀首创"制图六体"，十分精审和准确，不仅开创了中国制图学的先河，同时还引领了我国制图学发展的方向，成为我国古代地图绘制的理论指归，裴秀也因其"制图六体"在地学发展史上彪炳史册。

《神仙传》

晋葛洪所撰《神仙传》10 卷，记述了古代传说的 84 个神仙。其中卷二《王远传》、卷 7《麻姑传》中记载反映了我国古代"海陆变迁"的地质思想。

《王远传》："王远，字方平，东海人也。举孝廉，除郎中，稍加至中散大夫，学通五经，尤明天文图谶河洛之要，逆知天下盛衰之期，九州吉凶，如观之掌握。后弃官入山修道。……麻姑说云：'接待以来，以见东海三为桑田；向到蓬莱，水又浅于往日会时略半耳；岂将复为陵陆乎？'远叹曰：'圣人皆言海中行复扬尘也。'"《麻姑传》："麻姑谓王方平曰：'接待以来，已见东海三为桑田；向到蓬莱水浅。浅于往者会时略半也；岂将复为陵陆乎？'方平笑曰：'圣人皆言海中行复扬尘。'"

《华阳国志》

东晋常璩所撰《华阳国志》12 卷，附录 1 卷，包括巴、汉中、蜀、南中等 12 志。其中《蜀志》记载了用天然气煮盐的资料："临邛县（今邛崃市）……有火井，夜时，光映上昭。民欲其火，先以家火投入，顷许如雷声，火焰出，通耀数十里。以竹筒盛其光藏之，可拽行终日不灭也。井有二水，取井火煮之，一斛水得五斗盐。家火煮之，得无几也。"该书还另外记载盐官 3 处，铁官 3 处。

《水经注》

该书是我国地学发展史上的一座里程碑。它开辟了以水道为纲综合进行地理学研究的方法。此书不仅详述了河流水道的水文地理，而且把有关的自然现

象,如:地质、地貌、土壤、气候、物产、民俗、城邑兴废、历史古迹、神话传说都加以综合阐述。书中记载火山、地震现象5次,地震、山崩、滑坡13次,陨石1次,泉、喷泉和温泉63处,瀑布8处,河海、湖、陆变迁3次,河流、地质作用7次,修治河道、兴修水库12次,湖泊和煮盐12次,记载铜、铁、金、玉、雌黄、雄黄、石墨、水银、云母、煤、石油等矿物、矿产地16处。郦道元所著《水经注》可以看作是北魏以前我国古代地学知识的总结。而且,郦道元以地理现象详注《水经》,并有系统地进行了综合性的记述。

4. 隋唐五代时期

隋、唐统一封建王朝的继起,促进了社会生产力的极大发展,社会经济空前繁盛,农、工、商、手工业等行业也都得到了长足的发展,尤其表现在大型水利工程方面,隋朝大运河水利工程沟通南北,成为举世闻名的伟大工程。这一时期,应时代的需要和统治者的要求,总地志类书籍获得了较大发展,出现了不朽之作《元和郡县志》,成为后世总志编纂的典范。同时,各地地方志的编写也在不断发展中,种类更繁多,内容更加丰富。如官修药典《新修本草》的颁布;玄奘《大唐西域记》的完成,反映出当时地学发展的水平,此外,在继承裴秀"制图六体"的基础上,地图学在唐朝也得到了发展,地图种类增多,其使用也更为广泛,其中贾耽及其"海内华夷图"举世闻名。

《括地志》

唐李泰主编的《括地志》全面叙述了唐代政区的建置沿革,记述了山岳形胜,河流沟渠,风俗物产,往古遗迹及人物故事,为后来的《元和郡县志》、《太平寰宇记》开了先河。书中记载了如:"淄州淄川县东七十里原山,淄水所出。俗传云:禹理水功毕,土石黑,数里之中,波若漆,故谓之淄水。"还记载了有关用矿物石棉织成的"火烷布"的情况。

《大唐西域记》

唐代玄奘撰《大唐西域记》12卷。该书记述了玄奘西行亲历的110个,以及传闻的28个以上城邦、地区和国家的情况。其中有对天山木札特冰川的记载:"度石碛至凌山,……山谷积雪,春夏合冻,虽时消泮,寻复结冰。沿途险阻,寒风惨烈。……山行四百余里,至大清池(今伊塞克湖)。"《大唐西域记》是中国古代地学研究者的参考书。

《石药尔雅》

《石药尔雅》,唐代梅彪撰。此书被英国李约瑟博士誉为"唐代炼丹术语的可靠指南。"由于梅彪在撰该书时主要汇集石药隐名,更对所谓"大丹"(长生不老药)用药隐名,因此该书所记载的石药隐名是不全的。总计有矿物及化合物68种,隐

名、别名、异名共347种。其中一种矿物或化合物隐名最多达30个。比如铅的隐名有:玄黄花、轻飞、铅飞、飞流、火丹、良飞、紫纷、铅黄华、黄丹、军门、金柳、铅华、华盖、龙汁、九光丹、金公、河东、水锡、太阴、素纷、铅黄华、黄丹、军门、金柳、铅华、华盖、龙汁、九光丹、金公、河东、水锡、太阴、素金、天玄飞雄、几公黄、立制太阴、虎男、黑虎、玄武、黄男、白虎、黑金、青金等。水银的隐名有:汞、铅精、神胶、姹女、玄水、子明、流珠、玄珠、太阴流珠、白虎脑、长生子、玄水龙膏、阳明子、河上姹女、天生、玄女、青龙、神水、太阳、赤汞、沙汞等。可见《石药尔雅》为炼丹药名的通俗化做出了多么大的贡献。

《元和郡县志》

唐代李吉甫所撰《元和郡县志》,以元和八年(813)为限,把当时全国十道所属各府州县的户口、沿革、四至八到、山川、贡赋以及古迹等依次作了记述。并附有图于各卷之首,故原书名为《元和郡县图志》,但南宋时图已佚,故书名复为《元和郡县志》了。该书除对疆域政区,自然地理,经济地理作了记述外,还记述了有关矿物、矿业及管理的情况。

《新修本草》

《新修本草》是唐显庆四年(659)苏敬等人奉旨纂修的由政府正式颁布的我国第一部药典,也是世界最早的一部药典,收石药109种。

5. **宋元时期**

公元960年,宋朝赵氏政权建立,结束了唐末及五代十国长期分裂割据的局面,新政权的建立,国家归于统一,政治归于安定。北宋政权为巩固其统治,推行了一些改良措施,如兴修水利等,使经济得到了很快的恢复和发展。在这样的环境氛围下,无疑为生产和科学技术的发展提供了良好的社会条件。这一时期的地学也有了突飞猛进的发展。

宋时期,总地志、方志获得发展,种类繁多,内容庞杂,并出现了传世著作《梦溪笔谈》,此书堪称当时科学技术知识的百科全书。此外,与地学相关的本草类、石谱类等文献也有发展。这些与当时的社会环境是密不可分的。

元朝建立后,情况就有所不同了。在元时期,中原汉文化受到压制,地志类书籍大大减少,然而,也是由于元朝的统一和随之而来的横跨欧亚大帝国的出现,再一次打开了东西方交流的通道,使东西方交流更加便利,这也使得记载国外情况的游记类地学文献数量大为增加。

《梦溪笔谈》

《梦溪笔谈》26卷,北宋沈括著,是一部笔记体裁的科学巨著。内容涉及数学、天文、地质、地理、气象、物理、化学、生物、医学、工程技术等许多领域,是百科

全书式的旷世之作。

《梦溪笔谈》中讲到有关地学方面的内容主要有：(1)有关地貌及其成因，如雁荡诸峰；(2)海陆变迁与华北平原成因；(3)关于化石的记述；(4)测量与绘图；(5)关于石油的记述；(6)关于指南针与磁偏角的记述等等。沈括的研究方法具有现代科学的成分。如关于华北平原与海陆变迁一条"予奉使河北，遵太行而北，山崖之间，往往衔螺蚌壳及石子如鸟卵者，横亘石壁如带。此乃昔之海滨，今东距海已近千里。所谓大陆者，皆浊泥所湮耳。尧殛鲧于羽山，旧说在东海中，今乃在平陆。凡大河、漳水、滹沱、涿水、桑干之类，悉是浊流。今关、陕以西，水行地中，不减百余尺，其泥岁东流，皆为大陆之土，此理必然。"沈括认为："大陆者，皆浊泥所湮耳。"他正确地解释了华北平原的成因，并对古代沧海桑田的变化作了科学的解释。

《元丰九域志》

《元丰九域志》由北宋王存等依据原有的九域图重修而成，是一部重要的疆域政区地理总志，同时也是一部关于经济、军事、自然等的地理著作。《元丰九域志》的内容，叙述州县沿革很少，绝大部分皆是叙述本朝的事，特别是书中所述的四至八到，非常细致，各地里数，记载详备。该书在县下列有山岳、河渠、泽陂，共计山岳一千多，河泽一千多，是继《太平寰宇记》后较丰富的自然地理记录，也是宋代总志中较为突出和实用的一部作品。

《证类本草》

《证类本草》是宋唐慎微撰。该书在大观二年(1108年)加以增修，题《经史证类大观本草》，政和六年(1116年)又加修订，改名《政和新修经史证类备用本草》。该书所录药品总计达1 746种，无机药物累积达253种。此书主要贡献是网罗了历代本草及经史方书，凡247家。其中所引书约90%已散佚，赖此书得以流传。因此，该书为现存本草学著作中最古，唯一完整无缺的典籍，明代李时珍撰辑《本草纲目》时即以此书为底本。

《舆地广记》

宋欧阳忞纂《舆地广记》38卷，是一部关于地理沿革的著作。欧阳忞在自序中说："地理之书，虽非有深远难见之事，然自历世以来，更张改作，先王之制，无一在者，自非专门名家而从事于此者，其孰能知之？予不佞，自少读书，私尝留意于此，尝自尧舜以来，至于今，为书凡三十八篇，命之曰《舆地广记》，凡自昔史官之作，与夫山经地志，旁见杂出，莫不如于其中，庶几可以成一家之言，备职方之考，而非口传耳受尝试之说者也，统之有宗，会之有源，则繁而不能乱，众而不能惑。夫以今之州县，而求于汉则为郡，以汉之郡县，而求于三代则为州，三代之九州，散而为汉之六十余郡，汉之六十余郡，分面为今之三百余州，虽其间或离或合，不可

讨究，而吾胸中盖已了然矣。譬如三十辐之车，制之以毂，二篇之策统之以乾坤，岂不约而易操乎？是以愿广其书于世，必有能辨之者，世之君子，其试以是观之。”此书虽不涉地质知识内容，但历史地理及地理沿革在学科分化没有现代分化细密的时期，地理学研究也在地学的范围之内。

《云林石谱》

南宋杜绾所撰《云林石谱》3卷，书中记载石头品种116种，并详细记了产地、采法、产状、光泽、品评等方面的内容，反映了当时矿物知识的水平。见表1-8。

**表1-8 《云林石谱》部分石类物理特性**

| 产地 | 石名 | 今名 | 声音 | 硬度 | 层 理 |
|---|---|---|---|---|---|
| 宿州 | 灵璧石 | 石灰岩 | 铿然有声 | | |
| 青州 | 青州石 | 页岩 | 有声 | | |
| 青州 | 红丝石 | 页岩 | 无声 | 稍软 | |
| 相州 | 林虑石 | 石钟乳 | 有声 | | |
| 相州 | 梨园石 | 含锰石灰岩 | | 颇坚 | |
| 四川灌县 | 永康石 | 页岩 | 声清越 | 利刀不能刻 | |
| 潭州 | 鱼龙石 | 化石（页岩） | | | |
| 明州奉化县 | 奉化石 | 页岩 | 无声 | | |
| 江西上饶县 | 石绿 | 孔雀石 | | 不甚坚 | |
| 杭州 | 排牙石 | 化石 | | 坚 | |
| 建州 | 建州石 | 页岩 | 有声 | 坚 | |
| 袭庆府 | 峰山石 | 石英岩 | | 坚矿不容斧凿 | 平如板，面上如铺纸一层，重重揭取，两边石面有鱼形，凡击取之，即有平面石 |
| 衡州 | 耒阳石 | 石钟乳 | 无声 | 稍坚 | |
| 西蜀 | 墨玉石 | 云母 | | 轻软 | |
| 穤州 | 穤石 | 叶蜡石 | | 甚软 | |
| 阶州 | 阶石 | 叶蜡石 | 或有声 | 甚软 | |
| 莱州 | 莱石 | 叶蜡石 | | 最软 | |
| 于阗 | 于阗石 | 玉石 | 无声 | 正可屑金 | |
| 石州 | 石州石 | 滑石 | | 甚软 | |
| 杭州 | 杭石 | 水晶 | 无声 | | |
| 贵州清溪县 | 清溪石 | 石灰岩 | 声韵清越 | | |
| 平江府 | 太湖石 | 石灰岩 | 微有声 | | |
| 衢州 | 常山石 | 石灰岩 | 有声 | | |

《大元大一统志》

《大元大一统志》由札马剌丁、虞应龙等纂，原书明代已佚，留世仅存残篇。该

书记载的有关地质矿产方面的资料有："在延安县南迎河有凿开石油井——其油可燃……岁纳一百一十斤"，"延川县西北八十里永平村有一井，岁办四百斤，入路之延库"。"在宜君县西二十里姚曲村石井中，汲水，澄而取之，气虽臭而味可疗骆驼疥癣"，"在鄜州东十五里采铜川，有一石窟，其中出此，就窟可灌成烛，一枝敌蜡烛之三"。

6. **明清时期**

公元1386年，朱元璋领导的农民起义大军推翻了元朝的统治，建立了明王朝。明王朝采取了一系列发展农业和工商业的措施以迅速恢复封建经济，积极鼓励开垦荒地，并且废除了一些长期以来限制工商业发展的苛捐杂税。中国再一次走向了向上发展的道路。正是由于生产力的不断发展，社会分工不断扩大，刺激了商品经济的繁荣，到了16世纪后半叶，资本主义生产关系的萌芽已经出现。这一时期，地学的发展迅速，涌现出一批杰出的地学家，如徐霞客、顾炎武、刘献廷等。然而到了清朝乾隆以后，封建统治进一步加强了集权、封闭、禁锢的措施，阻塞了中国社会的进一步发展，已经出现的资本主义萌芽被扼杀，造成中外文化交流中断，在世界范围内的东西方科学文化发展中，中国社会的发展开始全方位急速落后于西方各国。

明清时期，统一的、相对稳定的政治局面是有利于生产力发展和社会进步的。在这样的社会环境下，科学知识的积累与提高有益于科学技术的发展。地学知识与地学思想的发展在此期间也得到了体现，出现了如《徐霞客游记》、《天工开物》等伟大的著作，还有大型的官修总志和大量的地方志。另外，如本草类文献、石谱类文献等也在不断地发展。特别值得一提的是清初大规模全国地图的测绘和编制，在世界测绘史上占有重要的地位。

明末清初由于生产力的大发展，资本主义生产关系萌芽的出现，在知识阶层中增长着资本主义民主主义的思想，"经世致用"的思想就是一种表现。可惜的是，这种思想并未被继承下来。

《本草纲目》

明李时珍于1587年所撰《本草纲目》是一部集大成的药物学著作，其中包含了极为丰富的动物、植物、矿物及其他科学知识。这部书所收矿物约260余种，分为金、玉、石、卤石四类，其中记载了钠、钾、钙、镁、铜、银、金、汞、锌、锡、锰、铅、铁、硼、碳、硅、砷、硫等19种单元素，记载化合物达数十种之多。同时，对每种矿物均作了详细介绍，如名称，产地、形状、性味、功用、采集方法以及如何炮制等，还有石燕、龙骨等化石药的利用。

《徐霞客游记》

《徐霞客游记》由明末徐弘祖撰。此书主要贡献在四个方面。一是对岩溶地

貌的考察；二是对山川源流的考察；三是对火山温泉的考察；四是对动植物的考察。其中最重要的，也是最具科学性的一部分就是徐霞客对我国西南各省广大石灰岩溶蚀地貌——即喀斯特地貌的观察与记述。这是世界上最早的描述石灰岩地貌的著作，书中记有洞穴 357 个，经他亲自考察的有 306 个，属石灰岩洞穴 288 个，非石灰岩洞穴 69 个。对火山、温泉的考察，如记载了云南 18 个地方有地下热水，他按水温将其分为温泉、热水泉、沸泉三类，其中温泉 12 处，热水泉和沸泉各 3 处。对云南腾冲的火山有专门的记述，还总结了黄山地貌的特点。

《天工开物》

《天工开物》18 卷，明末宋应星撰。此书是我国明代工艺类的百科全书。所谓“天工”是说人类赖以生存的物质资源是自然界形成的，但这些物质资源要靠人们去开发和利用，此为“开物”。从这一思想出发，宋应星留心记录整理劳动人民的生产经验与技术，并参照历史文献，再加上自己的分析与概括，写成此书。

《天工开物》分上、中、下三卷，18 部门。其中有关地学的内容有陶延（制陶）、燔石、五金（冶炼）、诛玉等篇。如在燔石煤炭条中记载：“凡煤炭，普天皆有，以供锻炼金石之用。南方秃山无草木者，下即有煤。北方勿论。煤有三种：有明煤、碎煤、末煤。明煤大块如斗许，燕、齐、秦、晋生之。不用风箱鼓扇，以木炭少许引燃，熯炽达昼夜。其傍夹带碎屑，则用洁净黄土调水作饼而烧之。碎煤有两种，多生吴、楚。……”

《肇域志》

《肇域志》清初顾炎武撰，成书于明崇祯十二年（1639 年）。该书具有以下特点：一是保存了大量明代方志的资料；二是搜集了各种专志的资料；三是倡行经世致用，关注地方利弊。此书以介绍地理沿革、山川胜迹为初始，倡言经世致用的思想。

《自流井记》

清光绪元年李榕撰成《自流井记》。该书是专门介绍四川自贡自流井的著作。主要介绍了有关盐井的开凿技术，井下岩层的层位关系，井中卤水的深度及含盐率以及关于井病的整治等内容。该书所记表现了清代地学，尤其是矿业、钻探方面卓越的成就。如：“凡凿井须审地中之岩，井锉初下为红岩，次瓦灰岩，次黄姜岩，见油；次草白岩，次黄沙岩，见草皮火；次青沙岩，次白沙岩，见黄水；次煤炭岩，次麻箍岩，次黑烟岩，见黑水，红岩者，红石土也；瓦灰、黄姜、麻箍、绿豆，象其形色也；炭岩之炭可燃火，烟岩之烟如细面。凡井，诸岩不备见，惟黄姜、绿豆必有之。间有遇绵岩者，凿最艰，绵岩一丈，可凿一年。”由此可见我国古代在钻井技术上已将自贡油气田的地下地质结构搞得非常清楚。

现将中国古代记载的反映地学思想的文献资料做一初步的汇总。见表1-9。

**表1-9 中国古代记载反映地学思想的文献资料**

| 类别 | 书目 | 时间 |
|---|---|---|
| 山川类 | 《山经》《禹贡》 | 先秦时期 |
| 诸子类 | 《管子》《尸子》《荀子》《韩非子》 | |
| 本草类 | 《神农本草经》 | |
| 游记类 | 《穆天子传》 | |
| 其他 | 《周礼》《周易》《吕氏春秋》《逸周书》《秦地图》《古本竹书纪年》 | |
| 山川类 | 《史记·河渠书》《史记·货殖列传》 | 秦汉时期 |
| 诸子类 | 《淮南子》 | |
| 本草类 | 《计然万物录》 | |
| 地志类 | 《汉书·地理志》《汉中记》《越绝书》等 | |
| 其他 | 《尔雅》《世本》《长安图》等 | |
| 山川类 | 《水经》《水经注》 | 魏晋南北朝时期 |
| 本草类 | 《南方草木状》 | |
| 地志类 | 《十三州志》《洛阳记》《扬州记》《敦煌实录》等 | |
| 游记类 | 《佛国记》 | |
| 其他 | 《神仙传》《洛阳迦蓝记》等 | |
| 总志类 | 《括地志》《元和郡县志》《贞元十道录》 | 隋唐时期 |
| 方志类 | 《吴地记》《桂林风土记》《闵中记》等 | |
| 本草类 | 《新修本草》《海药本草》 | |
| 游记类 | 《大唐西域记》 | |
| 其他 | 《石药尔雅》《三辅黄图》等 | |
| 山川类 | 《梦溪笔谈》《河源志》 | 宋元时期 |
| 总志类 | 《元丰九域志》《太平寰宇记》《大元一统志》 | |
| 方志类 | 《吴郡志》《临安志》《桂海虞衡志》等 | |
| 本草类 | 《本草图经》《证类本草》《本草衍文》 | |
| 交流类 | 《西游录》《诸蕃志》《真腊风土记》《岛夷志略》 | |
| 其他 | 《云林石谱》《历代地理指掌图》等 | |

（续表）

| 类别 | 书目 | 时间 |
|---|---|---|
| 山川类 | 《徐霞客游记》《西域水道记》 | 明清时期 |
| 总志类 | 《大明一统志》《大清一统志》 | |
| 方志类 | 《顺天府志》《台湾府志》等 | |
| 本草类 | 《本草纲目》《晶珠本草》 | |
| 交流类 | 《瀛涯胜览》《星槎胜览》《西洋藩国志》《天下郡国利病书》等 | |
| 其他 | 《素园石谱》《天工开物》等 | |

## 中国古代地学发展的主要成就

### 1. 先秦时期

国家的建立是我国古代社会长期发展的自然结果。夏朝建立前夕，随着氏族社会经济的发展，阶级的分化日益明显；部落和氏族之间的掠夺与奴役，刺激了奴隶制度的发展；大型公共工程，例如治水活动的开展，促进了酋邦、氏族联盟的管理组织向国家组织的转化。约在公元前 21 世纪，中国古代社会由原始社会末期进入阶级社会，中国历史上第一个奴隶制国家——夏朝建立。夏代生产工具的改进、手工业的出现和分工表现了社会生产力的提高。由夏、商至西周是典型的奴隶制时期。在这一时期，除农业外，手工业相当发达，出现了青铜器、陶器、玉器、漆器、纺织、酿酒、建筑等生产部门，社会生产力有了明显的提高。而春秋战国时期则是奴隶制社会向封建制社会的过渡时期。

中国古代地学的发展主要表现为工具的生产由石器向铜器、铁器的制造与生产的转变，以及对矿物的认识和相当发达的采矿技术。如对湖北大冶铜绿山春秋战国时期两处古铜矿遗址的发掘，证明了春秋时期，古人已开凿矿井可深达 50 米，并采用了竖井、斜井、平巷相结合及其多中段的方式，较好地解决了井下通风、排水、提升、照明和巷道支护等一系列技术问题。见图 1-66。1976 年，对铜绿山冶铁遗址又进行了发掘，发现了春秋战国时期炼钢用的竖炉，竖炉残高 1.8 米，炉内径 0.6 米，估计每天约处理 1.5 吨矿石。随着矿业的发展，先秦时期发现和开采的金属矿越来越多。


图 1-66　湖北铜绿山矿冶遗址

### 2. 秦汉时期

秦汉时期是中国封建制集权统治的形成和发展期。秦始皇在建立封建制统治秩序的过程中，完成了统一的霸业，他所制定的各项有利于封建制国家发展的措施促进了封建制度的发展。而汉代则加强了中央集权统治，封建制统治得以巩固。冶铁业的发展，在秦时已有了铁官的设置，而靠冶铁业起家的富商可“家致富数千金”。据《史记·货殖列传》记载：“蜀卓氏之先，赵人也。用铁冶富。秦破赵，迁卓氏……致之临邛，大喜，即铁山鼓铸，运筹策，倾滇蜀之民，富致僮千人”。由此可见当时冶铁业的大致情况。秦时还实行了“盐铁官营”的政策，《汉书·食货志》记载：“用商鞅之法，改帝王之制，盐铁之利，二十倍于古”。这说明秦时盐铁官营的政策在增加国家收入，巩固中央集权统治方面发挥了作用。

中华人民共和国建立后，在考古发掘中发现了几十处汉代的冶铁遗址，其中河南南阳冶铁遗址在发掘的三千平方米范围内发现了十七座半地穴式炼炉。炼炉由门、火膛、炉床和烟囱四个部分组成。还发现了大量铸铁用的陶范和铸造出的产品。这说明了汉代的冶铁业已经十分发达，设备齐全，已经使用了鼓风装置，并掌握了高温冶炼技术。汉武帝时期还宣布了盐铁官营政策，在产盐和产铁的地区分别设置盐官和铁官。

随着社会经济的发展，在水利工程建设方面，秦代蜀守李冰父子主持的都江堰水利工程至今还在发挥着作用。见图 1-67。

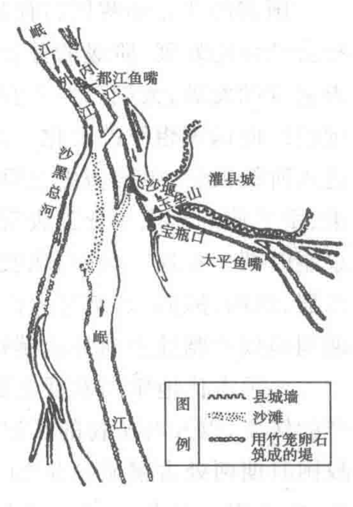



图 1-67 都江堰工程示意图

秦汉时期炼丹术得到发展。虽然炼丹术不能圆统治者长生不老的梦，但炼丹过程中使用矿物等材料所做的大量的化学实验则对矿物学、化学、药物学等作了贡献，在矿物的性质及鉴定等方面也积累了丰富的经验。诸如东汉末年的炼丹家狐刚子可为那时的代表。他在《九丹经决》中记载了如何从石胆中提取硫酸的方法——“炼石胆取精华法”。狐刚子提炼硫酸的方法比西方要早出 500 多年。

秦汉时期在地学仪器的发明方面贡献巨大。如东汉张衡发明了世界上最早的用于预测地震的候风地动仪和最早利用水力转动的浑仪（浑天仪），还有预测风向的相风乌。《后汉书·张衡传》称张衡“数数穷天地，制作侔造化”。

3. 魏晋南北朝时期

这一时期,时长360余年,总体上说中国的社会状况基本处于分裂状态。长年的分裂割据和战争状态,在客观上促进了冶铁手工业的发展。汉光武帝时,杜诗发明了水力鼓风炉用于冶铁,这种水力冶铁鼓风炉(水排)的发明比欧洲早约1100年。而"灌钢"冶炼方法的出现则是我国古代钢铁冶炼技术的一项重要成就。在矿物识别及鉴定方面,魏晋南北朝时期也有发展,总结出了诸如:条痕法、氧气实验法、焰色试验法等鉴定矿物的方法。在矿物共生关系的认识上也有所深入,了解了诸如:铁——赭共生、金——汞共生、蓝铜矿——孔雀石共生、汞——石英共生、阳起石——云母、矾石共生等矿物间的共生关系,表现了探矿手段的进步。

4. 隋唐时期

隋唐时期出现了大一统的局面,这种局面为社会发展提供了良好的条件。隋唐时期是我国古代矿业发展的繁荣时期,《通典》、《新唐书·食货志》等史籍,记载了这一时期有关金属矿产分布和产地的情况。

5. 宋元时期

宋元时期,由于政治上统一,经济发达,科学技术得到了进一步的发展。因此说,这一时期在我国地学发展史上是备受关注的一个时期。

两宋时期,全国金属矿场及矿产较唐代又有了很大的发展,据《宋会要辑稿·食货志》等文献记载(以元丰年间为例)

(1)铁矿:铁矿分布于36州,元丰元年(1078年)收入量为5 501 097斤。其中仅以邢州、磁州两处的总产量相加,相当于全国总收入量的74%.

(2)铜矿:铜矿分布在22个州,元丰元年(1078年)的总收入量为14 605 969斤。此时胆水浸铜法技术已应用于生产。

(3)锡矿:锡矿分布于26个州,元丰元年(1078年)锡的年产量为2 321 898斤。其中贺州的年产量占全国总量的38%.

(4)铅矿:铅矿分布于32个州,元丰元年(1078年)年总收入量达到9 197 335斤。

(5)银矿:银矿分布于68个州,元丰元年(1078年)总收入量为215 358两。

(6)金矿:金矿分布于25个州,元丰元年(1078年)总收入黄金10 710两。

(7)汞矿:元丰年间水银、朱砂的产地分布于9个州。

元代的矿业沿用了宋代的管理方式,但由于民族习性和统治方式的原因,元代在矿政管理上要落后于宋代。

我国古代井盐的凿井技术始于战国时期,至北宋时期出现的"卓筒井"标志着我国古代凿井技术进入了一个新的发展阶段。李约瑟认为,关于深钻技术,西方

落后于中国的大致时间为11个世纪，“今天在勘探油田时所用的这种钻深井或凿洞的技术，肯定是中国人的发明，因为我们有许多证据可以证明，这种技术早在汉代（公元前一世纪到公元一世纪）就已经在四川加以应用”。到清末为止，我国古代的钻井技术逐渐形成了一整套具有中国特色的深钻井工艺技术。见图1-68。中国古代绳索（竹）冲击钻井及卓筒井历代钻井深度记录见表1-10。

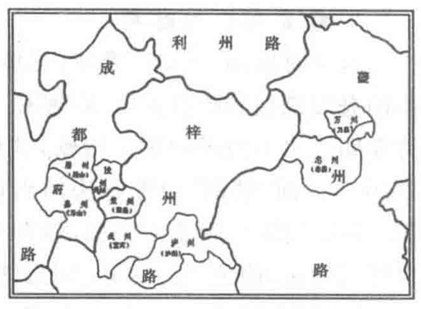


图1-68 宋代卓筒井分布图

**表1-10 中国古代绳索（竹）冲击钻井及卓筒井历代钻井深度记录表**

| 朝代 | | 公元（年） | 钻井深度（m） | 井名 | 地点 | 主要资料来源 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 宋 | 庆历、皇祐 | 至迟 1041—1053 | 150—180 | | 四川井研县、荣县 | （宋）苏轼：《东坡志林》卷四、（宋）沈括：〈梦溪笔谈〉卷十三 | 开采浅层黄卤（侏罗系自流井组） |
| 明 | 正德 | 1506—1521 | 185—220 | | 四川乐山、巫溪、云阳、三台、富顺、荣县等 | （明）正德：〈四川志〉卷二十五 | 同上 |
| | 万历 | 1573—1619 | 156—311 | | 四川射洪、蓬溪县等 | （明）郭子章：《盐井图说序》，载光绪《射洪县志》卷五 | 开采上三叠统须家河组地层黄卤 |
| 清 | 乾隆三十年 | 1765 | 513 | 老双盛井 | 四川自贡 | 《自贡市盐业志》，1995 | 同上 |
| | 乾隆四十一年 | 1776 | 468 | 洪涌井 | 同上 | 同上 | 同上 |
| | 乾隆、嘉庆 | 1736—1796 | 500—700 | | 四川犍为、富顺、荣县等 | 同上 | 开采雷口坡一、三段黑卤（俗称假黑卤） |
| | 嘉庆二十年 | 1815 | 799 | 桂咸井 | 四川自贡 | 同上 | 同上 |
| | 嘉庆、道光 | 1820—1821 | —900 | | 同上 | 严如熤：《三省边防备览》卷十 | 开采雷口坡组假黑卤（兼采气） |

（续表）

| 朝代 | | | 公元（年） | 钻井深度(m) | 井名 | 地点 | 主要资料来源 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 清 | 道光 | 十五年 | 1835 | 1001.42 | 燊海井 | 同上 | 林元雄等:《中国井盐科技史》 | 开采雷口坡和嘉陵江黑卤和天然气 |
| | | 三十年 | 1850 | 1100 | 磨子井 | 同上 | 同上 | 开采雷口坡组嘉陵江组天然气 |
| | 咸丰 | 七年 | 1857 | | 双全井 | 同上 | 《双全井岩口簿》,自贡自流井盐厂资料室存 | 黄卤、黑卤和天然气混采 |
| | | 九年 | 1859 | 976.8 | 生财井 | 同上 | 石油工业部四川勘探局110队:自流井构造盐井调查原始资料 | 开采雷口坡组黑卤兼采天然气 |
| | | | | 1045 | 德胜井 | 同上 | 同上 | 开采三叠系嘉陵江地层的黑卤和天然气 |
| | 同治 | 四年 | | 891 | 三生井 | 同上 | 《自贡市盐业志》 | 开采雷口坡组黑卤 |
| | | | | 1027.6 | | 同上 | (清)吴鼎立:《自流井风物名实说》(《富顺县志》卷三十) | 开采雷口坡和嘉陵江组黑卤和天然气 |
| | 光绪 | 十年 | 1884 | 1030.68 | 达德井 | 同上 | 《自贡市盐业志》 | 同上 |
| | | | | 1119 | 长发井 | 同上 | 石油工业部四川勘探局110队:自流井构造盐井调查原始资料 | 开采三叠系嘉陵江地层的黑卤和天然气 |
| | | 十八年 | 1892 | 871 | 发源井 | 同上 | 《自贡市盐业志》 | 开采嘉陵江四段四层岩盐层 |

6. **明清时期**

明代，朱元璋鉴于元朝灭亡的教训，明朝建立以后采取了一系列奖励开荒、减轻赋税徭役等政策，促进了农业、手工业和商业的发展，矿业也随之得到发展。

清代是我国封建制统治的最后一个王朝，这一时期，中国古代矿业的发展也呈现出过渡性的特征。比较突出的成就反映在清初引进西方测绘技术，进行全国范围的大地测量和编制《皇舆全图》的工作。进入 19 世纪后，中国社会在国际风云变幻，国内政治统治基础动摇的情势下产生了剧烈变化，当社会历史进入到 21 世纪时，中国近代地质科学在 20 世纪初叶破茧成蝶。

# 六、中国古代地学思想形成的原因



在科学产生和完善的过程中，人类对自然界的认识和探索是不受地域和种族意义上的制约的。但作为一个区域文明来讲，特定的地理环境和与之相适应的文化特征则往往受其影响。因此，不同的地理环境对于特定区域内文化的产生、发展方向和程度上有着重大的制约和影响作用，地学思想在古代社会不同地理区域范围内，由于古代先民对各自所处客观环境的不同，而产生对自然界的认知、思维方式的不同，以及受这种影响而导致的科学发展导向的不同就是很自然的事情了。

## 地域特征

在探讨中国古代地学思想的形成及其对近现代中国地质学学科发展的影响中，地学思想作为社会文化现象在社会行为上的一种表征，地理环境因素的制约作用是不容忽视的。为说明这种制约作用，我们将古代东西方两种思想和文化的代表——古代中国和古代希腊，作一比较。

源于古代社会生产力的低下，交通、信息的不发达，受地理环境的制约形成了不同的封闭的地域文化和地域文明。因此，不同的地理环境对于不同文化的产生有着至关重要的作用。同样，在不同的地理环境下很自然就会孕育出不同文化背景的自然观、地球观，有着不同的地学知识积累和不一样的地学思想。

中国的地理环境几千年来基本没什么变化，三面环山，一面临水的地域特征形成了一个几乎封闭的生活环境。北面是经年寒冻的西伯利亚高原；西边是莽莽阿尔泰山，喀喇昆仑和沙漠戈壁；西南有第三极之称，飞鸟难越的喜马拉雅山；东面和南面是浩瀚的大海，在交通、信息不发达的古代，这些天然的屏障阻断了华夏对外的交通往来。在这一区域内作为中华文明发源地的黄河流域和长江流域在有着适宜农业发展的气候条件及水利条件，河流的淤积又提供了适宜耕种的良好土壤，中华文明便在这片土地上孕育产生和繁衍。

希腊位于地中海北部，巴尔干半岛南部，三面临海，曲折而绵长的海岸线散布

着众多的半岛和岛屿;境内多山,著名的奥林匹斯山为最高峰。在这样的地理环境下,多山的地理特征把古代希腊分裂成零零星星的小块区域,各部分之间的交通相对困难。在这些零散的土地上,容易形成相对独立的城邦。同时,希腊地表的崎岖不平,使得每块耕地的面积都比较小,耕作条件恶劣,加之希腊属于典型的地中海气候,雨量分布极不均匀,土壤条件贫瘠,灿烂的古希腊科学文化正是在这样的环境条件下产生的。

同为具有悠久文化与文明的两个国度,在地理环境特征的对比中,古代中国的中心区域,地理环境条件优越,水土肥美,适于农业的发展。而古希腊受多山、土壤、气候等条件制约,农业的发展有着很大的困难。然而正是由于它多山、滨海的地理位置,使其社会发展有着更多的选择可能。希腊地处整个地中海的中心位置,海岸线十分发达,港口众多,有着优良的天然港湾。希腊半岛东与西亚,南与北非,西与意大利、西西里等地区的往来都可以通过近海航行来实现,海上交通极为繁盛。自古以来,地中海的航运就非常活跃,这无疑为希腊的航海、扩张以及对外贸易创造了良好的条件,便于希腊的地域文明与其他文明的交流。因此,古希腊是以农业和商业并存的生产方式存在和发展的。相较之下,虽然中国也有着绵长的海岸线,和众多的优良港湾,但这些条件在古代的中国远远没有被人们开发和利用。受地理环境的影响,中国的地域文化仍然受到一定的影响,表现出封闭、对外交流不畅的特点。

正是由于这种地域特征,华夏文明被称作是大陆文明,古希腊文明被称作是海洋文明。在不同的文明类型中,两个古老的国度成长和发展着包括古代地学思想在内的文化与文明,以不同的方式为人类社会的文明发展做着贡献。

## 文化背景

在以自然哲学为时间和空间范围的社会历史发展中,中国古代地学思想的形成和发展是中国古代文明的一部分,他依托中国古代科学技术的发展,可以说是对于表达自然现象各种概念之间的关系的理论研究。因此,几千年中国传统文化所形成的自然哲学体系及其维系中国社会形态发展的传统观念与思想,不能不对中国古代地学和地学思想的形成发展产生影响,也可以说这种影响既是一种制约因素,同时又是促其发展的土壤。在中国古代科学技术与文化文明发展过程中,中国古代传统的哲学观念始终占据着导引文化发展方向的制高点。

**1. 变化的思想支撑着中国古代地学思想的发展**

文化作为表现一个民族、一个国家形成与演化的综合标识,反映了这个民族、国家发展的文明程度。文化不是一个抽象概念,它的内涵反映着不同时间范围

内，不同社会历史时期、不同社会结构情况下社会文明发展的现状，反映着人与社会、人与自然之间相互影响、相互作用的关系。在古代中国，人们为了适应自然环境，出于生存发展的需要，在社会生产中观察不断变化的、动态的自然界，从而产生了客观、辩证的变化的思想。变化的思想在中国自然哲学体系中占据基础性地位，这种认识由来已久，突出表现在古人对自然界现象的观察和认识上。

出现于春秋战国时期的“阴阳五行说”是中国古代先民观察自然界物质运动，规范人们社会行为适应自然规律发展的认识总结。“阴阳说”、“五行说”在中国古代作为两种相对独立的思想体系，是先秦我国古代哲人理性思维的产物。对于中国古代科学技术发展和科学思想的产生发展而言，“阴阳五行说”的理论体系的重要性不言而喻，因此，中国古代地学思想的发展也深受其影响。

阴阳二字连用最早见于《诗经·公刘》中：“既景乃岗，相其阴阳。”许慎在《说文解字》中对阴阳二字的解释为：“阴，暗也，水之南，山之北也”；“阳，高明也。”可以看出阴阳最初是有其具体内容的。在地学中这种认识被用在表示山水等地理景观的方位上，阳为北，阴为南，表示地理坐标的概念。在人们的认识里，把阴阳作为一种哲学的概念，最早是《周易·系辞上》中提到的“一阴一阳之谓道。”《周易·咸卦》中所讲“二气感应以相与，……天地感而万物化生。”此时，阴阳概念同物质性的“气”结合在一起，用来表示自然界中两种对立的基本力量。人们用阴阳来类比自然界一切事物的形成和变化。在中国古代传统认识中气是自然界中的物质形态，阴阳的转换就是自然界物质的运动和变化。在长期的社会生产和社会活动中，人们发现这种变化不仅表现在自然界，同时也表现在人类社会生活中，而且这种阴阳变化还存在着“相克相生”的关系，对立的阴阳可以趋于和谐，因此阴阳相互转化的思想由此产生。最终，“阴阳”被老子和孔子提炼为抽象的哲学概念。

“五行说”的起源也很早，《尚书·洪范》中就曾提到“五行”说。所谓五行，是人们生活中常见的，与人的社会生活息息相关的五种客观物质金、木、水、火、土。这五种物质之间所存在的相互关联和各自的性质被古人综而合之，衍生出自然界的万物，以此来解释宇宙万物的形成及演化。从春秋到战国的五百余年，是“五行说”发展的时期。

阴阳学说和五行学说在战国中期以前都还是各自发展的，自战国中期以后，诸子蜂起，百家争鸣，呈现出学术思想的多样性，学术研究的多元性的时代特色。在这一时期，阴阳五行的观点进入合流演化时期，到了战国末期，阴阳五行学说的理论体系已臻完成。从秦皇到汉武，阴阳五行学说又屡经修缮，其体系更趋定型和完善。此后，刘安主持编写的《淮南子》和董仲舒的《春秋繁露》相继对此前的阴阳五行思想进行了系统的整合。整合的结果，表现在社会文化（人文文化）方面，

为后来的天人合一的社会观念提供了自然与人类相互作用的“佐证”；表现在科学文化方面则为中国古代科学文化的发展奠定了一个朴素的唯物和辨证的认识基础。

从文化背景来说，阴阳五行说与中国古代地学思想的发展存在什么联系呢？我们可从以下分析中找到线索：

首先，从古代文献中我们可以看出，“阴阳”这一哲学概念产生于古代先民生产实践中的经验和总结，而农业生产毋庸置疑是对早期自然环境的改造和利用，这个过程与地质知识的积累和地学思想的产生密切相关。

当阴阳五行的思想形成后，古代哲人又把变化的思想带入古代地学思想形成过程，成为地学思想的主流意识。例如，关于地震这一地质现象的解释，《国语·周语》云“幽王二年，西周三川皆震。伯阳父曰：‘周将亡矣！夫天地之气，不失其序；若过其序，民乱之也。阳伏而不能出，阴迫而不能烝，于是有地震。今三川皆震，是阴失其所镇阳也。阳失而存阴，川源必塞，源塞，国必亡。夫水土演而民用也。水土无所演，民乏财用，不亡何待？昔伊、洛竭而夏亡，河竭而商亡。今周德若二代之季矣，其川源又塞，塞必竭。夫国必依山，山崩川竭，亡之征也。’”在这里我们可以看出，伯阳父在讨论地震这种地质现象时，是以自然界的客观运动来解释的，他对事件发生的因果进行接近于自然规律的解释，使我们看到了一种科学思维的光亮。但他后面在提到地震的发生与国家存亡的关系时，又走上了天人感应的观念上。

随着时代的发展，社会生产力的不断提高，交通发达，社会活动区域的扩展，人们所熟知的地域范围也不断扩大，视野更开阔，地学知识的积累也更加深入和多方面。战国时邹衍关于“大九州”的认识就说明了这一点。邹衍是战国时期颇有影响的阴阳家，他是第一个把阴阳和五行学说相结合并给予发展的人。他运用阴阳五行的理论，从时间和空间的概念来推演，认为《禹贡》中所讲的九州只是整个宇宙的一部分，在这个九州之外还有九州。阴阳五行变化，相生相克，对立统一的观念是邹衍的认识和思想的核心内容和根本出发点，他利用推测分析的方法，借助当时所了解的地域和见闻，提出的“大九州”说，把阴阳变化思想更深一步地贯彻到地学认识中去。

邹衍能够在战国时期首次把“中国”和“天下”的概念区分开，打破了古来“中国即天下”的传统观念，这显然是由于人们的地理视野更加开阔、地学知识更加丰富所致。与此同时，阴阳变化，五行相克的变化思想是他的认识基础，在邹衍看来，大地始终处于运动之中而非静止不动，阴阳五行的变化思想也已深入到了他对客观世界的猜测之中了。

因此我们说，中国古代地学中存在着变化的思想是我国地学思想能够在唯物、辩证的认识道路上发展的基础。

当然，变化的表现有不同的方式，如缓慢的变化表现在地质作用方面的海陆变迁，就是表现之一。海陆变迁的思想几千年来成为人们心中不可改变的认知，不能不说变化思想影响之深。古代的人们注视观察着这些变化，认识和解释着这些变化，并在这种变化思想中探求自然现象背后的内在规律。但是，这些规律和思想并没有被我国古代的科学家们整理出来，只是以经验和技艺的方式留存下大量的文献资料，没有形成科学的理论体系和自然科学的学科构建，这与中国古代的文化背景是分不开的。

沧海变桑田是一种地质过程，它始终缓慢地渐进地进行着，贯穿人类历史的始终。我国古代所讲的"沧海桑田"的认识，就是今天我们所说的海陆变迁。我国有着三千多年的文字记载历史。在这其中积累了丰富的关于海陆变迁地质现象的相关文献记载。

在我国古代，沧桑互变的现象很早就被人们认识了。然而，最初的认识是通过神话传说的形式模糊地表达出来的。比如中国古代有精卫填海的神话故事，精卫用石子妄想填平大海，在他经年累月的坚持不懈地努力下，大海终被填平，露出了地面。这说明当时的人们已经观察和认识到了海洋可以变为陆地的事实，只不过还不知道如何解释这种现象而已。

"沧海桑田"这个表达我国古代海陆变迁地质思想的史料可见之于《周易·彖辞》"地道变盈而流谦"，汉代焦赣在《易林》卷九中有"海老水干，鱼鳖尽索，高落无涧，独有沙石"的记载。西晋杜预"常言'高岸为谷，深谷为陵'，刻石为二碑，纪其勋绩，一沉万山之下，一立岘山之上，曰：'焉知此后不为陵谷乎？'"可见此时海陆变迁的思想已很明确，至东晋，在葛洪所著的《神仙传》中两处提到东海三为桑田，一处是其卷二《王远传》："王远字方平，东海人也。举孝廉，除郎中，稍加中散大夫，学通五经，尤明天文、图谶、河洛之要，逆知天下盛衰之期，九州吉凶如观之掌握，后弃官入山修道。……麻姑说云：'接待以来，已见东海三为桑田；向到蓬莱，又水浅于往日会时略半耳；岂将复为陵陆乎？'远叹曰'圣人皆言海中行复扬塵也。'"另一处是其卷七《麻姑传》中说："麻姑谓王方平曰'接待以来，已见东海三为桑田；向到蓬莱，又水浅于往日会时略半耳；岂将复为陵陆乎？'方平笑曰'圣人皆言海中行复扬尘。'"

王远、麻姑都是子虚乌有的人物，但《神仙传》的作者说王远是东海人，即今江苏东海县，而作者葛洪是江苏句容人，距东海不远，对东海的情形应该是了解的，所以他借王远、麻姑这两个虚构人物的对话，来说明当时确实存在海陆变迁的地

质现象的例子，说明当时的人们在直观上已对海陆变迁有了认识，然而这种认识只是知道了这种现象的存在，还没有深入地探讨它的成因以及影响。

到了唐代，书法家颜真卿作《抚南城县麻姑山仙坛记》中引用晋代葛洪在《神仙传·麻姑传》中的一段话，然后说："南城县有麻姑山，顶有古坛，……东北有石崖观，高石中犹有螺蚌壳，或以为桑田所变……刻金石而志之，时则六年夏四月也。"颜真卿首次用海陆变迁的认识解释高山岩石中为何有螺蚌壳的问题：他认为高山上的岩石本来是存在于水中的，水中自然有螺蚌壳，后经海陆变迁，原来的大海变为陆地上的高山，故岩石又在高山上了。颜真卿依据化石判断海陆变迁，在地学思维的逻辑思想引导下，可以说他的认识向科学认识的方向迈进了一步。至唐代"东海三为桑田"演变为"沧海桑田"，这一词语成为中国古代表达海陆变迁思想的术语并广为流传。

南朝刘宋时，范晔著《后汉书》，在其中的《西南夷传》中说："邛都夷者，武帝所开，以为邛都县。无几而地陷为淤泽，因名邛池。南人以为邛河。"此说是陆地变迁为水泽的另一例子。唐代李吉甫所著《元和郡县志》卷三十二中说："越嶲县，本汉邛都县之地也。开皇六年，分邛都置越嶲县，皇朝因之。陷河在县东南十里，初成帝置都县，无几，陷为淤泽，因名陷河。"这两则史料所讲都是地面下沉成水泽的真实记载，说明了由于河流侵蚀和淤积的变化导致了这一情况的出现。

唐代史学家刘知畿在《史志·书志篇》讲到："夫两曜耀百星，丽于玄象，非如九州万国，为置无恒；故海田可变，而景纬无易。"他所说的"海田可变"也就是海陆变迁，但他没有作深入的分析。

唐代诗人李贺在诗中曾提到沧海桑田的变迁，有"海沙变成石"，"海波尚变为桑田"等名句。可见，在唐代，沧海桑田的说法已经是当时的流行语了，海陆变迁这种地质现象在当时已经为人们所熟知和接受，并成为一种观念印在人们的脑海里。

北宋的沈括在《梦溪笔谈》卷二十四中也记述了海陆变迁的事实，并且用海陆变迁的原理解释华北平原的成因，说华北平原其实是因为河流所携带的泥沙淤积而成的。沈括正确解释了华北平原的成因，由此我们可看到，随着时间的推移，对海陆变迁的认识又深入了一步。

南宋朱熹则更进一步，他从常见的"高山有螺蚌壳，或生石中"进行分析推论，在《朱子大全·天地》中得出他的结论，认为："此石即旧日之土，螺蚌即水中之物，下者却变而为高，柔者却变而为刚。"他明确地提出了高山的形成是地壳运动变化的结果。这种认识，不仅说明了海陆变迁的事实，认识了其中的成因及影响，并从海洋和大陆在地质作用过程中相互可以转化的原理中引出了相互变化、互为因果

的思想。

元代学者于钦受沈括海陆变迁地质思想的启示，在观察山东济南城南大云顶时，也看见“崖壁上衔蚌壳结石”，在他所著《齐乘》卷一“云门山”条中作了如下描述：“府城南五里上方，号大云顶，有通穴如门，可容百余人，远望如悬镜，泉极甘冽，崖壁上衔蚌壳结石，相传为海田所变。如沈存中《笔谈》载太行山崖螺蚌石子横亘如带之类，齐地犹多。”由此可见沈括海陆变迁的认识对后人影响很深，人们都在观察海陆变迁的地质现象，找寻海陆变迁所留下的蛛丝马迹。

明代，在海陆变迁地质思想的认识上又有发展，明人薛瑄观察到山崖上的石头经常是“层有纹横界，而层层相沓”，认为这是“阴阳磨荡而成，若水之漾沙，一层覆一层也”。他不仅观察到了岩石中的水波纹现象，肯定了海陆变迁的事实，而且说这些岩石是出自水中，还进一步用阴阳学说推测岩石的成因，表现出对海陆变迁这一地质变动的认识进入了科学思维的轨道。稍后的陆深在其所著《玉堂漫笔》中讲：“盖天地之初，混沌一物，惟有水火二者。开辟之际，水曰升，火曰降，而天地分类。凡山阜皆从水中流出，观江河沙洲可见。余常谓，水，天下之最高者；山，天下之最低者也。故海底有石山而巅有水，然水亦至高，霜露雨雪是也。”叶子奇在《草木子》卷一《管窥篇》中说：“天始唯一气尔，庄子所谓溟滓是也。计其所先，莫先于水，水中滓浊，历岁既久，积而成土。水土震荡，渐加凝聚，水落石出，遂成山川，故山形有波浪之势焉。于是土之刚者成石，而金生焉。土之柔者生木，而火生焉。五行既具，乃生万物，万物化生而变化无穷焉。”叶子奇运用五行相生相克产生变化的思想论述了水中土石的形成，认为“土之刚者成土”，岩石在“水中震荡，渐加凝聚”而成。他还认为大地是从水中沉淀物凝聚而来，如今像波浪起伏的山川形势就是海陆变迁的结果。陆深和叶子奇借观察到的海陆变迁的地质现象来推测人类和世界的起源，表达了类似“水成论”的自然观。这也反映出人们对海陆变迁的认识已经上升到了理论探究的高度。

在中国古代地学文化的知识宝库里，植根于物质的运动与变化的认识基础，海陆变迁这样一种地质作用形成的地表变化，一开始就作为一种显著的地质现象受到人们的重视，人们不满足于现象的积累，对这种现象的成因以及影响作进一步的分析和推测，把它上升为一种理性的认识汇入中国古代地学思想之中，成为我国古代观察、思考自然界的物质运动，发展我国地学的推动力。

**2. 传统观念对中国古代地学思想发展的制约**

人类社会的发展归根结底是人类与自然界相互影响、相互作用的过程。可以说，在科学发展的过程中，起推动和阻滞作用的是不同时期、不同阶段人类认识自然了解自我的认知程度。亚里士多德讲过：“唯有人类才凭技术和推理生活……

经验大致类似科学和技术,人们通过经验得到了科学和技术”。亚里士多德所谈的“经验”是指人类认识自然界了解人类本身的社会实践过程中积累总结出的经验。

中国古代科学技术的发展,曾经达到代表某一历史时期科学发展的最高水平,为人类的文明、文化做出了积极的贡献。但是我们也看到,在中国社会几千年的发展中,占据主要地位的传统哲学观念和文化理念左右着中国社会的发展,也成为影响中国古代科学文化(包括中国古代地学文化、地学思想)发展的障碍。天人合一的传统观念就是这种作用最集中的表现。溯其源,天人合一的思想源于天人感应认识的出现。

在人类社会的初始阶段,生产力的水平极为低下,为了适应自然界的发展,人类把观察和顺应自然作为生存的首要目标。漫长的进化路程,在利用自然、改造自然的过程中,人类获得了成功,这种成功只是表现在适应了自然界提供给人类的生存环境,然而对自然界的物质运动和变化只是一种顺应,而不是了解。因此,古代先民不能够解释发生在自己身边的各种自然现象,尤其是他们认为的危及人们生死的灾异现象。所以,在人力不能为的情况下,把幸福的喜悦或灾难的降临都归于想象之中的神明的庇护或惩罚,来寻找精神意志上的支撑,敬天畏神的思想由此而生,天人感应的思想就出现在这样的认识背景下。然而,这种意识正如任继愈先生提出的:“史前时期的神话就它的幻想和不切实际这一方面说,它有些和后来的宗教思想相似;但是史前神话不排斥科学,不是为剥削者辩护的武器。史前神话不是劳动者的敌人,不是科学的对立物”。这是人类发展必须要经历的一个过程。

作为一种很神秘的思想,天人感应是对天人关系的一种解释,是人类文明处于不发达阶段,人们不得不做出的一种选择。人生活在天地之间,人的社会行为可以感动上天,而上天作为人类的主宰可以用自然界的祥瑞或灾异对人类的行为给予褒奖或谴责,这是人类初期阶段一种很朴素而又实际的逻辑思维。

在我国古代,天人感应的思想早已存在,如约在公元前6世纪成书的《诗经》中就有:“此日而食,于何不臧”的诗句,其意为,之所以出现日食的现象是因为天子不用善人而招致上天的警告的原因。《尚书·洪范》中也有:“肃,时寒若,乂,时旸若”的认识,认为君主的言行能够感应上天而影响四时季节的变化。春秋战国之时,《左传·宣公十五年》也有记载:“天反时为灾,地反物为妖,民反德为乱,乱则妖灾生”。《墨子·尚同》中说:“天下既尚同乎天子,而来尚同乎天者,则天灾将犹未止也。故当若天降寒热不节,雪霜雨露不时,五谷不熟,六畜不遂,疾灾戾疫,飘风苦雨,荐臻而至者,此天之降罚也,将以罚下人之不尚同乎天者也。”古人以敬天为最要,一些自然灾害或人为的灾难都与上天的意志联系起来,如有或逆,上天

会给予必要的惩罚。这是天人感应思想早期的社会表现。

到了汉代,董仲舒继承和发挥了先秦以来的阴阳五行和天人感应的观念,将其与儒家传统的天命思想融合,进一步发展成为天人感应的神学理论。他在《春秋繁露·顺命》中说:“天者,万物之祖,万物非天不生。”还在《春秋繁露·阴阳义》中说:“天亦有喜怒之气,哀乐之心,与人相副。以类和之,天人一也。”即把天和人归结为同类,天是为了人类而创造万物,赋于了天具有“仁”之性质。董仲舒认为同类的事物之间可以相互感应,由此他做出结论:天和人之间也是相互感应的,人应该注意自然界事物的变化以感应天意。天人感应中的核心概念就是灾异说和谴告说。在《春秋繁露·必仁且智》中,董仲舒强调:“天地之物,有不常之变者,谓之异,小者谓之灾。灾常先至而异乃随之。灾者,天之谴也;异者,天之威也。谴之而不知,乃畏之以威……凡灾异之本,尽生于国家之失。国家之失乃始萌芽,而天出灾害而谴告之。谴告之而不知变,乃见怪异以惊骇之。惊骇之尚不知畏恐,其殃咎乃至。以此见天意之仁,而不欲陷人也。”所谓灾难,本是自然界物质运动变化的一种表现形式,但在董仲舒看来,自然界的灾难不是突然发生的,而是人们不注重自己的德行引发了天怒而造成的。董仲舒将邹衍的阴阳五行的思想吸收在他的理论之中,在《春秋繁露·五行相生》中讲:“天地之气,合而为一,分为阴阳,判为四时,列为五行。”仅从这些字句里我们还看不到他的神学的目的,在《春秋繁露·王道通三》中强调:“是故天以阴为权,以阳为经。阳出而南,阴出而北。经用于盛,权用于末。以此见天之显经隐权,前德而后刑也。”在这段话里,他把邹衍的认识思想和儒家的哲学混合起来,以昭示其天意不可违,君权神授,为统治阶级统治基础给予了神学上的证明。在当时的生产方式下,这种认识自然迎合了统治者的需要,“天人感应”的唯心主义理论被董仲舒发展为天人合一的唯心主义神学理论体系,成为汉代统治思想的理论基础,对汉代乃至后代的自然观和社会思潮都产生了广泛而深远的影响。

“天人感应”、“天人合一”的观念,经过董仲舒的加工改造成为影响中国几千年的客观唯心主义思想,其影响之深在封建制社会的各个方面都有受到这种思想观念制约的表现。“天人感应”在最初只是文明不发达状态下人们在人与自然的关系上的客观反映,这种文化现象在后来被唯心主义哲学利用发展,成为人们社会生活中的精神桎梏。正因如此,在古代地学领域中这种“天不变,道亦不变”的不变论思想长期制约着地学的发展。

在古代,中国地学的概念是广义的,用近代自然科学的解释应包括:地质、地理、气象等多学科,其探索和研究方法多为直观的、描述性的,没有过多的分析和有关成因及规律的总结。在古代统治者的眼里,普天之下莫非王土,他们不希望

统治权发生变化，故而选择对历代统治者有利的思想学说，以此告诫人们：天是不会变的，自然界的万事万物都是不会变的。以此来麻痹人们的思想，以致封建制的统治可以君权神授，永世不变。中国古代所推行的政策是以农为本，仰农抑商，仰农抑末，与人们生息相关的科学技术的发展只是在实用主义的观念下获得发展。因此，在高度集权的政治制度下，思想领域也是被高度控制的，这种控制有时甚至会麻痹统治者本身。这种"不变"的观念，反映在地学中，就是自然界的一切事物都是不能变的，如果发生了什么变化，则是上天对人类的警告或惩罚。因此，这种不变的观念严重阻碍了我国古代人们对自然现象的兴趣与探索。比如，地震的发生本来是一种很正常的地质作用现象，而在古代却被认为是不应该出现的反常现象，一旦出现灾异，首先认为是人违背了天意，于是上天发怒给人们发出谴告和预警。中国古代地学几千年的发展都笼罩在"天人感应"不变思想的阴影之下，其文化背景对中国科学文化发展的影响可见一斑。

但事物总是有其两面性，正因为一些自然现象在古代被认为是反常的，人们害怕受到上天的惩罚，所以在出现一些被人们认为有违天意的自然现象和灾害时，人们会以敬畏的态度，极其认真地把这些事件的发展过程记录得十分的完整和详细，可谓有闻必录。这种情况，在客观上又积累了大量科学研究的第一手资料，丰富了科学文化知识宝库的史料内容，使得大量自然界所发生的变动的过程被如实地保存下来，成为今天科学研究的宝贵资料。如中国古代的地震史料最为丰富，1956 年据其编成的《中国地震资料年表》记载有公元前 1177 年后发生的地震 8 000 多次。这些地震发生的地点、时间及强度的记录成为今天中国划出地震活动带及活动周期的重要依据。

### 3. 古代地质知识对形成现代地质学的意义

澳大利亚学者戴维・R・奥尔德罗伊德说："就人类起源问题来说，现代科学在某种意义上也具有神化特征。"对未来未知知识领域的探索，在某种意义上这种认识是有让人接受的方面。历史上古代先民在长期的劳动生产过程中，依靠对自然界物质运动的观察，不断地总结那些可以被人类发现并利用的客观因素，为人类的生存繁衍创造进化的条件，科学便在这个过程中产生并发展了。

然而，近代科学并未在具有古老文化底蕴的中国产生，这是一个不言而喻的事实，也是学术界为之探讨的焦点。我们还是以古代中国和古代希腊做一下比较。

对于近代科学没有在中国产生的问题，有些人认为中国传统文化并未能给科学的发展提供适宜的土壤，而近代西欧却在弘扬古希腊人文精神的文艺复兴运动中找到了科学的基本框架。如：竺可桢在 1945 年发表的《为什么中国古代没有产

生自然科学?》中写道“中国农业社会的机构和封建思想,使中国古代不能产生自然科学。”另有学者认为:“希腊哲学是希腊科学传统的直接继承者,这种继承性体现在近代科学的理性形式和自由精神上。”还有学者认为:古希腊和古代中国具有同样丰富的知识储备,近代科学在西方的迅速发展完全不必从老祖宗那里找原因。

就中国地质学的发展而言,近代科学没有在中国本土产生是一个明显的历史现实,但这并不意味着中国几千年的文化文明史中,没有科学发展的土壤和成就。中国古代的科学成就,譬如指南针、火药的发明都印证着中国古代地学发展的印迹,其间留存了古代先人积极的科学探索和科学思想。究其近代科学没能在中国产生,主要原因还是中国封建制社会的生产力和生产关系未能变革适应近代科学的发展。在科学与文化的关系上,科学文化发展的连续性和阶段性往往表现出科学发展与文化发展的不均衡,中国社会的发展就表明了这一点。因此,以古代中国和古代希腊的文明发展及科学走向,来讨论近代地质科学没能在中国发轫,还是要从具体的地理文化背景来探讨。

首先,古代的希腊和中国有着截然不同的地理环境和气候条件,他们的生活环境、社会生产方式都有很大的不同,因此有着先天生成的不同思维方式。在古代中国的思维方式中,整体性强,经验性强,思辨性贯穿始终,强调矛盾双方的和而不是分立;反观古代希腊,由于海洋文明和城邦制的特点影响,独立、自由和民主的思想深入人心,他们的思维方式特点是抽象性强,逻辑性强,辩证性强,但其辩证是重视矛盾双方的对立,对事物进行不断的拆分,探求事物内在深层次的认识。这种文化上的差异,不能不影响各自的科学发展走向。

马克思主义的唯物辩证思想认为,矛盾双方是对立而统一的整体,过分强调对立或统一的哪一方面都是不对的、片面的、有局限性的。只不过,近代科学奠基于经典力学和分析科学之上,这正是西方人擅长的分析性思维创造的结果,致使近代科学发展到今天的模样。但是,我们也应该看到,现代科学存在一种新的发展趋势,这就是追求一种统一,即科学文化发展的和谐体系。这又为科学的研究提供了新的思考和研究的思路。

此外,中国近代社会发展的政治、经济、文化、思想的历史现状也是导致近代科学没能着陆于中国的重要原因。度过了黑暗中世纪的西欧,在文艺复兴的背景下,迫切希望复苏古希腊的科学,解放人们被禁锢的思想,是一个空前的思想解放期,新兴的资产阶级正处于上升期,社会形态为近代科学产生创造了极为适宜的环境,这种情况下,获得近代科学的产生和发展是一种社会、科学、文化和谐状态下的必然结果。而对比此时的中国,它正处在封建王朝的衰败期,清王朝闭关锁国,人们的思想遭到禁锢,生产力发展落后,这样的环境不可能孕育新科学的种子。

# 七、中国古代的地学家



在中国社会发展的历史过程中，黄河流域和长江流域孕育了伟大的华夏民族。在这片土地上，中华文明不断繁衍，不断为人类的发展做出贡献，丰富着世界文明的宝库。在这个过程中，中华民族涌现出了许多杰出的人物，成为历史长河中耀眼的光点，为我国古代社会科学技术的发展增光添彩。在这些杰出的人物中，有许多是伟大的地学家，这些人物的身上大多具备了旅行家、探险家，地理学家的特征。所以，我们都称他们为地学家。在前面的章节中，我们已经涉及了一些著名的地学人物，所以不再加以特别的介绍，下面要介绍给大家的，是这些地学人物中有代表性的几位地学家。

## 郦道元

郦道元(公元 466—527 年)，字善长，范阳涿州(河北涿州)人。见图 1-69。他生活的年代正值我国历史上的北魏时期，是著名的地理学家，准确地说，他是北魏时期著名的水文地理学家。他以四十卷本的《水经注》名垂千古，奠定了他中国古代地学家的地位。有学者称他在“地理大交流”的时代开创了中国古代写实地理学，并把中国古代的水文地理学研究提高到了一个新的水平。这样的评价对郦道元来说是当之无愧的。



图 1-69　郦道元

郦道元出身于显赫家族，他的曾祖、祖父都官至太守，其父郦范曾任刺史、尚书右丞等职。郦道元在父亲去世后，承袭了父亲的官位永宁侯，任尚书主客郎。郦道元曾随孝文帝巡视北方四镇。后又做过长史、太守、刺史、河南尹等官。做官之时，郦道元为官清正，创办学校，关注与黎民相关的文教事业。为了使一方百姓能够有安宁的环境，郦道元执政严苛、清刻，所以《魏书》中有郦道元的传，但是将他放在酷吏传之中。郦道元死于公元 527 年(孝昌 3 年)。他的死是与他的为官作风有直接关系的。孝昌三年，郦道元

依从民愿，逮捕并处死了民愤极大的恶人，为此得罪了当时的汝南王。因为为免这个恶人不死，汝南王曾向当政的灵太后求情，而灵太后也下旨赦免此人。郦道元不顾情面，依法而行，自然招致汝南王的报复。就在这一年，郦道元被害，同时遇难的还有他的胞弟和两个儿子。郦道元死后，朝廷追加他为吏部尚书，冀州刺史，安定县男，以示肯定。

《魏书》郦道元传中有："道元好学，历览奇书。撰注《水经》四十卷、《本志》十三篇，又为《七聘》及诸文，皆行于世。"的记载。郦道元的《水经注》据学者考证，可能写作于公元 490 年左右，至公元 527 年被害之时，其书稿可能还没有做系统的整理。原书在宋代时已经缺失 5 卷，现在存世的《水经注》仍称 40 卷，所以学者认为《水经注》是经后人割裂改编而成为现在的版本。

郦道元作《水经注》基本上都是用业余时间进行的，经年积习，十分不易。《水经注》所记述的水道数目到底有多少？据《唐六典》卷 7 水部郎中员外郎注："郦道元注《水经》。引其支流一千二百五十二。"当代学者统计：全书水体包括湖、淀、陂、泽、泉、渠、池、故渎。实得 2 596。郦道元对这些水道一一穷原竟委，详细记述了所经地区、山陵、原隰、城邑、关津等地理情况，以及建置沿革和有关历史事件、人物等。因此，《水经注》被认为是我国 6 世纪前，最全面而系统的综合性地理著作。郦道元为著此书，引用书籍达 437 种。《水经注》版本很多，被认为最好的版本是影印《永乐大典》。

郦道元自幼好学，尤其对山川形胜更感兴趣。他喜读各类书籍，对历代的地理学文献更是仔细阅读，并有所辨别。在《水经注序》中他曾讲到："昔大禹记著《山海》，周而不备；《地理志》其所录，简而不周；《尚书》《本纪》与《职方》俱略；都赋所述，裁不宣意；《水经》虽粗缀津绪，又阙傍通。所谓各言其志，而罕能备其宣导者矣。"郦道元用社会发展的眼光看待事物的变化，认为过去的材料由于时间已发生变化，应该对过去的古文献给予订正和补充。这种认识可以认为是郦道元要为《水经》做注的初衷。郦道元做官多年，经常各地游走，这也成为他走访，搜集各类信息的渠道。他对山东、山西、河南、河北等地的地理情况十分熟悉，还曾到过湖北和四川，对长城以南，秦岭以北的广大地区也曾做过考察。这些经历都为他的《水经注》编写创造了条件。

《水经》是我国第一部专门记述河道水系的著作。此书大约成书于三国时期，对于是谁完成《水经》写作的，有人认为是汉代的桑钦，也有人认为是晋代的郭璞所作，而持成书于三国时期的观点则具有代表性。《水经》所记载的河道，据《唐六典·注》称"百三十七"，每条水自成一篇。《水经》共记全国主要河流 137 条，全书共计 1 万多字。郦道元决定为《水经》作注，就是嫌此书过于粗略，有些水道没有

交代清楚，存在错误。经郦道元对此书进行订正补充后，河流由原来的137条增加到1252条，其文字也由原来的1万多字扩充到了30余万字，使《水经注》成为一部著名的地理学巨著。

《水经注》在我国地理学方面的主要贡献，首先表现在河道水系的整理和表述方面。在今本《水经注》的40卷中，表述水系的有：河水干流及支流5卷，分述渭水、汾水、洛水各一卷，共三卷，江水干流3卷，入江诸水4卷，沔水及支流4卷，江河共计22卷。郦道元对河流的描述不是简单孤立的，而是将河流流经区域的地质、地貌、土壤、气候、物产、人文景观等加以记述，给人以水系流经区域自然地理、历史地理和人文地理方面的了解，系统而完整。除此之外，《水经注》还记载了火山，地震现象5次，地裂，山崩，滑坡13次，陨石1次，泉、喷泉和温泉63处，瀑布8处，河、海、湖、陆变迁3次，河流的地质作用7次，修治河道及兴建水库12次。这些记述为后人的研究留存了丰富的资料。

郦道元对火山的记载形象而生动，他在描写平城（今山西大同市）西南的火山活动时讲到："火山西溪水，导源火山，西北流。山上有火井，南北六十七步，广减尺许，源深不见底。炎势上升，常若微雷发响，以草爨之，则烟腾火发。"对于地震山崩的记载如："汉元延中，岷山崩，壅江水三日不流"，巫山"汉永和帝永元十二年崩，晋太元二年又崩。当崩之日，水逆流百余里，涌起数十丈"。这样的描述给人们以身临其境之感。

《水经注》中还记载了铜、铁、金、玉、雌黄、雄黄、石墨、水银、云母、煤、石油等矿物及矿产地16处。同时，郦道元还十分关注农业、水利、植物等方面的情况。因此，《水经注》在内容上十分广泛，得到当时及后世学者的推崇。清代学者刘献庭在《广阳杂记》中评价郦道元："郦道元博极群书，识周天壤。其注《水经》也，于四渎百川之原委支派，出入分合，莫不定其方向，纪其道里。数千年之往迹故渎，如观掌纹而数家宝。更有余力铺写景物，片语只字，妙绝千古，诚宇宙未有之奇书也。"由于《水经注》涉猎广泛，包其所有，对后世影响极大，以至于形成了——郦学，并出现了考据学派，辞章学派，地理学派等专门研考《水经注》的学派。时至今日，郦学不仅在国内，在国际上也产生影响，不断发展。日本著名地理学家米仓二郎评价："郦道元是中世纪时代世界上最伟大的地理学家。这是欧洲历史上的所谓黑暗时代，当时的欧洲，就连一个杰出的地理学家也没有，从全球的观点来看，地理学史不能不提到郦道元。"

## 沈括

沈括（1031—1095），字存中，生于杭州钱塘，是北宋时期著名的科学家。他一

生研究涉猎甚广，包括文学、艺术、医学、地理、天文、历史、考古等方面，且研究精到，多有创见性的见解。他提出的许多科学的论断，比西方学者早出数百年，著名英国学者李约瑟在评价沈括的著作《梦溪笔谈》时，将其称为"中国科学史上的坐标"。沈括在《宋史》中有传，传中称"括博学喜文，于天文、方志、律历、音乐、医药、卜算，无所不通，皆有所论著。"

早年，沈括曾跟随父亲游历大江南北，入仕之后，又宦游各地。他博览群书，注重实际调查和分析研究，每有所得，都要认真地记录下来。宋元丰初年，沈括曾在润州（今镇江）乌凤岭购置了一所田园，在他 58 岁时定居在这所田园，自题名为"梦溪园"。他不朽的著作《梦溪笔谈》就是在这里完成的。沈括 65 岁时病逝于梦溪，后归葬钱塘。

沈括的成就是多方面的，他继承了裴秀的"制图六体"方法，用了近 12 年的时间，编制成了一套由 20 幅地图组成的《守令图》（即《天下州县图》），其中最大的一幅 40 cm 高、33.3 cm 宽。这套图在精度方面较前人有所提高。他曾经对流水的作用进行研究，他说道："予奉使河北，遵太行而北，山崖之间往往衔螺蚌壳及石子如鸟卵者，横亘石壁如带。此乃昔之海滨，今东距海已近千里。所谓大陆者，皆浊泥所湮耳。尧殛鲧于羽山，旧说在东海中，今乃在平陆。凡大河、漳水、滹沱、涿水、桑干之类，悉是浊流。今关、陕以西，水行地中，不减百余尺，其泥岁东流，皆为大陆之土，此理必然。"从他的记述中我们看到，沈括领悟到在螺蚌壳以及鸟卵似的石子存在的地带，在过去的历史上应是古时的海滨。所谓的大陆，是由当时的海底土壤堆积而形成的，而那些堆积土的来源则是由黄河、漳水、滹沱等流水夹带泥沙东流所造成。这就科学地从太行山岩石中存在的古生物遗迹，推断出了冲积平原的形成过程。正确地解释了华北平原的成因，并对古代沧海桑田的变化做了科学的解释。关于沈括的这种认识，后来被人们认为是我国古代重要的海陆变迁学说。对于流水的剥蚀作用，沈括在雁荡山考察过程中曾指出："大水冲击，沙土尽去，惟巨石岿然挺立。"就很形象地推断出雁荡奇峰的形成是由于流水侵蚀冲刷作用而生成。这一科学的认识较赫顿的见解早出 700 余年。直至现在雁荡山龙鼻洞的石壁上还留有沈括亲笔题名的刻石。见图 1-70。



图 1-70　雁荡山龙鼻洞壁沈括题名

沈括在地图学上也有重要的贡献。他在《梦溪笔谈》卷 25 中记载："予奉使按边，始为木图，写其山川道路。其初遍履山川，旋以面糊木屑写其形势于木案上。

未几寒冻，木屑不可为，以熔蜡为之，皆欲其轻，易赍故也。”由此记载我们得知，沈括精于观察，善于思索，较早地制造了地理模型。他在任时，经常做山川地势的考察，曾经对定州西部的山脉、道路等地形进行观察，回来后，先在木板上画出山川道路等地形，而后在木板上用面糊合木屑再用熔化的蜡浇制成地势模型。他的创造，比欧洲出现类似的地理模型要早 700 多年。

在我国，沈括是最早提出“石油”一词的人，他还预言“此物（指石油）后必大行于世”。在我国古代，对石油的称呼有很多种，如“石漆”、“石脂”、“石脑油”、“猛火油”、“雄黄油”等。唐代段成式的《酉阳杂俎》一书中，对石油也有记载：“石漆，高奴县石脂水，水腻浮水上，如漆，采以膏车，又燃灯极明。”唐代李吉甫在《元和郡县志》中也有记载：“石脂水，在县东南一百八十里，泉有苔，如肥肉，燃之极明。水上有黑脂，人以草盏（音 lu）取用，涂鸱（音 chi）夷（皮制的口袋），酒囊及膏车。”公元 1080—1082 年，沈括在延州（今陕西延安一带）任鹿延经略安抚使，那里是产石油的地方。沈括到任后，马上调查了解有关石油的情况，对石油的名称、产区、开采、性能及利用的情况进行了认真的分析和总结，指出：“鹿延境内有石油。旧说高奴县出‘脂水’，即此也。生于水际，沙石与泉水相杂，惘惘而出。土人以雉尾裛之，乃采入缶中。颇似淳漆，燃之如麻。但烟甚浓，所沾幄幕皆黑。予疑其烟可用，试扫其煤以为墨，黑光如漆，松墨不及也，遂大为之，其识文为‘延川石液’者是也。此物后必大行于世，自予始为之。盖石油至多，生于地中无穷，不若松木有时而竭……。”见图 1-71。从此，“石油”一词沿用至今。沈括在察看当地人利用石油做燃料的情形后还写了一首诗：“二郎山下雪纷纷，旋卓穹庐学塞人，化尽素衣冬未老，石烟多似洛阳尘。”他的写照生动形象地反映出了他所看到的情景。

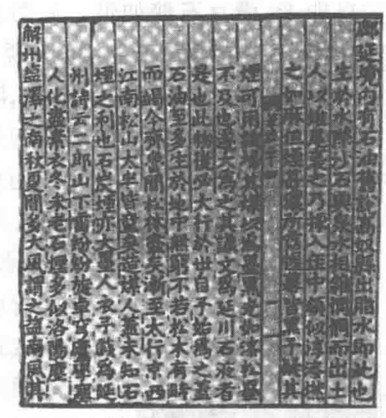

鄜延境內有石油舊說高奴縣出脂水即此也
生於水際沙石與泉水相雜惘惘而出土
人以雉尾裛之乃採入缶中頗似淳漆然
之如麻但煙甚濃所沾幄幕皆黑予疑其
煙可用試掃其煤以為墨黑光如漆松墨
不及也遂大為之其識文為延川石液者
是也此物後必大行於世自予始為之蓋
石油至多生於地中無窮不若松木有時
而竭今齊魯間松林盡矣漸至太行京西
江南松山太半皆童矣造煤人蓋未知石
煙之利也石炭煙亦大墨人衣予戲為延
州詩云二郎山下雪紛紛旋卓穹廬學塞
人化盡素衣冬未老石煙多似洛陽塵
解州鹽澤之南秋夏間多大風謂之鹽南風其

图 1-71 《梦溪笔谈》中关于石油的记载

沈括是最早发现地磁偏角的人，比欧洲早出 400 余年。他经过试验，验证了指南针受地磁的影响后，并不指向正南，而是略微偏东，他还发现北极星不在北极，而是偏离北极一度多。这样的结论是他在任司天监期间，亲自动手研究制作观测仪器，经过观察后得出的，为此他还画了 200 余张测定极星的位置图。沈括在大量观察的基础上，掌握了一些气候变化的规律，譬如，对彩虹的成因，他认为是“虹乃雨中日影也，日照雨则有之”。这说明他对大气折射的原理也有所认识，他还能根据他的观察和判断做出简单的天气预报，并提出了物候随着纬度高低、

地形高度、生物品种和人类的生产活动而发生变化的一些理论。

沈括除去《梦溪笔谈》之外，还有其他著作达 35 种之多，如《忘怀录》、《茶论》等等，但是大多佚失或残缺了。

纵观沈括一生，他不愧为我国伟大的科学家，他的博学、通才，他对于文学、艺术、科学等方面在当时所能达到的水平上都有精到的研究。有些见解至今还被学者们所称道。正如日本数学家赞扬沈括时说的："沈括这样的人物，在世界数学史上是前无古人的，惟有中国才能出这样一个人才。"他的不朽著作《梦溪笔谈》被认为是一部百科全书式的伟大著作而流传后世。见图 1-72、1-73。



图 1-72 《梦溪笔谈》明弘治乙卯（1495）徐华容刻本



图 1-73 《梦溪笔谈》明万历壬寅（1602）沈儆延津刻本

## 郭守敬

郭守敬是我国元代著名的科学家，他的历史功绩主要表现在天文学、数学、水利工程和仪器制造方面。我们将郭守敬列入地学家的行列，主要是因为他在地形测量和工程技术方面做出了超越前人的历史贡献。

郭守敬，字若思，生于元太宗三年（公元 1231 年），邢州邢台（今河北省邢台市）人，元延祐三年（公元 1316 年）去世，终年 86 岁。见图 1-74。《元史》记载："郭守敬，字若思，顺德邢台人。生有异操，不为嬉戏事。大父荣，通五经，精于算数、水利。时刘秉忠、张文谦、张易、王恂，同学于州西紫金山，荣使守敬从秉忠学。"从这段记载中我们了解到郭守敬成长及求学的一些情况。郭守敬的父亲去世早，是他祖父郭荣把他带大。祖父郭荣是一位有学问的人，通晓五经，尤其是精通数学、水利等方面的学问。



图 1-74 郭守敬

因此郭守敬自幼受到了很好的教育，家学很深。当时有一位叫刘秉忠的人，是元代著名的学者，此人是郭荣的好友，郭荣觉得郭守敬聪明过人，为他的前途考虑，把郭守敬送到了刘秉忠的门下，从师于刘秉忠。

郭守敬在科学上的作为，一方面由于他的天赋和勤奋，另一方面则缘于他所生活的时代。元代是蒙古族建立的王朝。1206 年，元太宗孛儿只斤氏族铁木真（既成吉思汗）统一蒙古各部建立了蒙古汗国，1271 年（至元八年），忽必烈正式建立国号，称为“大元”。1279 年，忽必烈灭南宋，统一南北，建立了统一的多民族国家。元朝的统一，为我国元代民族的融合和中外经济文化的交流创造了有利的环境，在这样的时代背景下，郭守敬的学识和才能有了可以施展和发挥的空间。

郭守敬在他毕生的奋斗中，做了几件大事被人们称道，并为他作为一名伟大的科学家奠定了基础。

1. **水利工程方面的贡献**

1260 年，张文谦到大名路（现河北省大名县一带）等地巡视，郭守敬也随同一起前往。这次出行，对郭守敬是一次很好的历练。郭守敬办事认真踏实，对所到之地的地形、水利等情况都做了详细的勘察，并有针对性地对水利工程等提出自己的设计方案和设想，很受张文谦的赞赏和器重。1262 年，张文谦见郭守敬经过几年的历练，已经逐渐成熟，就向忽必烈推荐郭守敬。忽必烈听了张文谦的举荐，出于当时整治水利，鼓励农桑等发展经济的需要，很快接见了郭守敬。郭守敬见到忽必烈后，直接向忽必烈提出了自己的设想，建议兴修六项水利工程及修复中都（今北京）到通州的漕运河道，及对滏水、漳水、沣水、沁河和董河等的修浚工程。郭守敬的建议是经过深思熟虑后提出的，深得忽必烈的赏识和重视，随即任命郭守敬做提举诸路河渠的职务。郭守敬工作勤勉，兢兢业业，1264 年便升任到河渠。郭守敬在负责水利事业的任上工作了 10 余年（1262 年至 1276 年），先后分管并全面负责全国的河渠及水利的治理工作，由于他的认真负责，勤勉敬业，先后任都水少监（1265 年），都水监（1271 年），工部郎中（1276 年）等职。

在郭守敬负责水利事务的 10 余年中，他先后兴修了华北一带的水利工程和农业水利事业；修整了西夏（今甘肃宁夏一带）沿黄河流域一带的古灌溉渠道，新修了许多水闸、水坝，推动了这一地区农业经济的发展。1275 年，郭守敬奉命踏勘黄淮平原地形和通航水路，以便在合适的地点建立“水站”；1291 年，郭守敬向忽必烈提出兴修包括大都运粮河道在内的 11 条水系的建议。这些兴修水利的建议都得到了朝廷的准许。在他可行的规划和有效的管理下，西夏沿黄河一带的古灌溉渠道得到了治理，这些始建于秦汉时期的古渠道，经过治理后，灌溉面积不断扩大，疏浚了大小古渠道 80 多条，使这片曾被称为“塞北江南”的地区重获新机，

促进了当地农业经济的发展。1293 年，由郭守敬建议修建的通惠河工程竣工通航，这一工程得到了朝廷的肯定。《明史》记载："先是，通州至大都，陆运官粮，岁若千万石，方秋霖雨，驴畜死者不可胜计，至是皆罢之。三十年，帝还自上都，过积水潭，见舳舻敝水，大悦，名曰通惠河，赐守敬钞万二千五百贯，仍以旧职兼提调通惠河漕运事。"那一年郭守敬已经 60 多岁，可见朝廷对他是十分看重的。

**2. 最早提出"海拔"和"高度"的概念**

所谓"海拔高度"也称为绝对高度。通俗地说，就是任何一个地点与海平面的高度差，而这个高度差，通常以平均海平面作为标准来进行计算，表示地面某个地点高出海平面的垂直距离。海拔的起点称为海拔零点或水准零点，表示某一个滨海地点的平均海平面。因此，它是进行地形测量和大地测量的基准点。

郭守敬是世界上最早提出以海平面作为衡量各地水平高度的统一标准的人，是他最早提出了海拔高度的概念。他运用这个概念，将地表地势的高低分别同海平面进行比较，以此来说明水流的状态。他还对黄河中下游地区进行了大面积的水准测量，绘制出全套的地形图。郭守敬所绘制的地图基本上与现代绘制地形图的方法差不多了，这在 1 000 多年前的元代，郭守敬绘制地图的方法表现出了它的科学性和合理性。

我国现在使用的海拔零点，是 1956 年改用青岛零点作为各地计算海拔高度的水准零点。因此，我国计算的海拔高度都以青岛的黄海平面作为零点计算。

**3. 组织规模空前的天文测量**

1276 年，忽必烈诏令编制新的历法，为此设立了太史局。此前郭守敬一直在水利部门任职，但他在天文历算方面的学识早已是人所共知，所以，他被忽必烈调来参与新历的制定工作。1279 年。忽必烈改太史局为太史院，令王洵为太史令，郭守敬任同知太史院事。王洵、郭守敬同当时优秀的建筑师合作，在大都修建了一座新的天文台——大都司天台。这座新的皇家天文台是当时世界上设备最完善的天文台之一。

大都司天台建成后，1279 至 1280 年，郭守敬组织了全国规模的天文测量活动。这次天文测量又称为"四海测验"，是郭守敬在 1279 年向忽必烈提出的建议。元世祖忽必烈十分欣赏这个意见，立即同意并批准付诸实施。这次测量活动在全国范围内设立了 27 个观测点，比唐代天文学家张遂组织的天文观测的观测点多了一倍。这些观测点东起朝鲜半岛，西抵川滇和河西走廊，南及南中国海，北至西伯利亚，其观测南北总长一万多里，东西绵延五千里，地域之广，规模之大，在历史上是空前的。这次观测，郭守敬获得了成功。后来，法国天文学家拉普拉斯在自己的著作中还引用了这次观测的成果。拉普拉斯评论说，公元 1279 至 1280 年期

间的观测之所以重要，是由于它们的高度准确性。因此，他称赞郭守敬的测量具有“卓越的精度”。

在大规模的观测活动中，郭守敬等人获得了重要的成果。譬如，在测量中，他们对黄道平面和赤道平面的夹角进行了测量，经过观测研究，得出的数据是23°90′30″（古度为六十进位制，郭守敬改为百位进位制），换算成现在通用的进位制为23°33′23″.3。按照现在美国纽康的公式计算，元代郭守敬他们那个时代黄赤交角应为23°32′0″.8，误差只有1′22″.5。由此可以说明郭守敬得出的数据比前人要精确得多。

4. **编制《授时历》**

1276年，元世祖忽必烈下令设立太史局，并抽调郭守敬参加制定新历法的工作。在制定新历法的过程中，郭守敬研究了自西汉以来前人所制定的历法70余种，仔细研究分析后，他指出这70余种历法中有13种是很有创建的。这样的对比研究，郭守敬不仅肯定了前人的成果，也为新历法的制定取得了可资借鉴的宝贵资料。1281年，由郭守敬主持编制的《授时历》正式实行，它的精度比此前各种历法都要高。在制定过程中，郭守敬纠正了7个历代沿用的重要天文数据，他还创立了五项新的推算方法，撰写了《推步》七卷，《立成》二卷，《历议拟稿》三卷，《转神选择》二卷，《上中下三历注式》十二卷。这些著作成为我国天文历法方面重要的材料。1286年，郭守敬升任太史令，他把自己的著作整理后进献朝廷。这些著作包括：《时候笺注》二卷，授时历《修改源流》一卷，《新测二十八宿杂坐诸星入宿去极》一卷，《新测无名诸星》一卷，《月离考》一卷，《仪象法式》二卷，《二至晷景考》二十卷，《五星细行考》五十卷，《古今交食考》一卷，《仪象法式》二卷，《二至晷景考》二十卷，《五星细行考》五十卷，《古今交食考》一卷。同时还有有关仪器结构，观测记录等研究成果方面的专著九卷。

5. **杰出的机械制造专家**

人们都知道，天文测量与观测，必要的仪器是必不可少的，而仪器的制造不是一件简单的事。郭守敬不仅是一位著名的天文学家，更是一位杰出的机械制造专家。郭守敬认为：“历之本在于测验，而测验之器莫先仪表。”可见他对观测仪器看得是多么的重要。事实上，郭守敬用他的实践证明了他是一位名副其实的仪器制造专家。据统计，郭守敬一生创制的天文仪器达22种之多，其中有17种仪器的制作是他在编制《授时历》的过程中，根据实际工作的需要而制成的。这些仪器包括：简仪、圭表、浑仪、候极仪、玲珑仪、定时仪、仰仪、高表、星晷、丸表、悬图、异方浑盖图等等。这些仪器当中最为著名的要算圭表和简仪了。据说，当西方传教士汤若望看到郭守敬制造的简仪之后，大为惊叹，又大为欣赏，他认为这个仪器比西

方要早了 3 个世纪，他还称郭守敬为“中国的第谷”。见图 1-75、1-76。





图 1-75　圭表

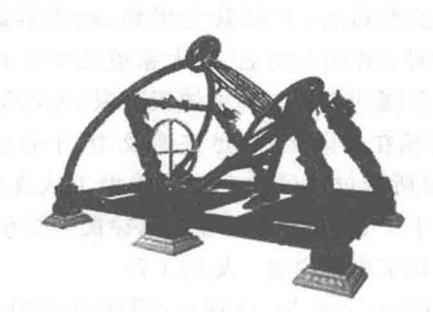


图 1-76　简仪

郭守敬作为元代一名杰出的科学家，在他生活的年代为中国科学技术的发展做出了杰出的贡献。清初的梅文鼎在《古今历法通考》中指出：“授时历集古法之大成，自改正七事、创法五端外，大率多因古术，故不谈耶律文正之庚午元历，不知授时之五星；不读统天历，不知授时之岁实消长。不考王朴之钦天历，不知斜升正降之理；不考宣明历，不知乞、刻、时之三差。”这是对授时历公正的评价。在仪器制造方面，英国学者约翰逊说：“元代仪器所表现的简单性，并不是出于原始的粗糙，而是由于他们已经达到了省事省力的熟练技巧。这比希腊和伊斯兰地区的每一种坐标靠一种仪器测量的做法优越得多，无论是亚历山大的里亚城还是马拉格天文台，都没有一种仪器能像郭守敬的简仪那样完善，有效而简单。实际上，我们今天的赤道装置并没有什么本质的改进。”这些评论虽对郭守敬所从事的某一领域的科学成果做出了中肯的评价，但不足以概括他在科学技术领域所做出的全部贡献。

1962 年，我国邮电部发行了两枚绘有郭守敬半身像和简仪的纪念邮票，此纪念邮票曾载于国际刊物上。见图 1-77。1970 年，国际天文学会将月球背面的一座环形山命名为“郭守敬山”，以此纪念这位杰出的天文学家。1977 年，中国科学院紫金山天文台在他们发现的许多小行星中，把国际上已经确认并已编号的四颗小行星，分别命名为张衡、祖冲之、一行和郭守敬，以此纪念在我国古代为天文学的发展做出卓越贡献的天文学家。




图 1-77　郭守敬邮票

## 徐霞客


图 1-78　徐霞客

提到徐霞客，我们就会想到《徐霞客游记》这本书。而对于徐霞客的名字，大家更是十分的熟悉。徐霞客是我国明末杰出的旅游探险家、地理学家。他自22岁开始在全国旅行，足迹遍及16个省区，历时30余年，对所经过地区的山川地貌做了认真的考察，为后人留下了著名的地理学名著《徐霞客游记》，丰富了世界文化宝库的内容。见图1-78。

徐霞客，名弘祖，字振之，霞客是他的别号，1587年(明万历十五年)生于江苏江阴。徐霞客出生在一个书香门第的地主家庭，自幼好学，博览群书。从他的别号中，我们可以感觉到他有一种爱好旅游的味道。实际情况也确实如此，徐霞客虽好学不懈，求知若渴，但他却不喜仕途，他的志趣在“问奇于名山大川”。他的祖辈曾在明朝做官，到他的父辈时，家道中落。虽然如此，其家境却也殷实、富裕，在这样的环境中他得以静心潜学。徐霞客视书若痴，尤其喜读古今史篇以及和舆地山川有关的书籍，诸如山海图经之类。同时交往了很多当代的名士。他对仕途不屑一顾，却有志于在自然界中漫游，他曾谈到“山川面目，多为图经志籍所蒙”，决心“究九州内外、探奇测出”。在他生活的时代，明朝已进入末期，朝政不振，世风日下，他看到这些可憎但又无法改变的现实，便放弃了求取功名的念头。当时资本主义的萌芽已经出现，江南一带的经济和交通等得到发展，欧洲传教士在那时已经陆续东来，也带进了有关中国以外的许多新奇的知识，如地理、自然科学知识等。正是这种特殊的历史条件对徐霞客产生了很大的影响，他立志走出书斋献身于自己热衷的事业，他的认识与当时的社会环境的影响不无关系。

徐霞客一生有30余年都是与祖国的江河山川共同度过的。从1607年他第一次出游太湖开始，几乎年年出游。起初，他只是出于对大自然的好奇，作为一个访奇探胜的游客，对所到之处的胜景、感受用他的笔记录描写出来。他的游记在当时就被许多知名人士传看，得到赞誉，他也因此成为一名引人称羡的游记作家。然而似乎大自然在他的旅行过程中赋予他灵感，基于自己长年旅游的观察，徐霞客对一些地理景观及地质现象有了很多的感性认识，这些令他痴迷的感受，使他从中体味到了大自然特有的韵味或叫作规律，于是，他就根据观察和了解到的实际情况作进一步分析，对所到之处不同风景区的特征以及它们的成因，进行分析和总结，从而由不自觉到自觉地进行了旅行过程中的地理观察。而他笔下对山

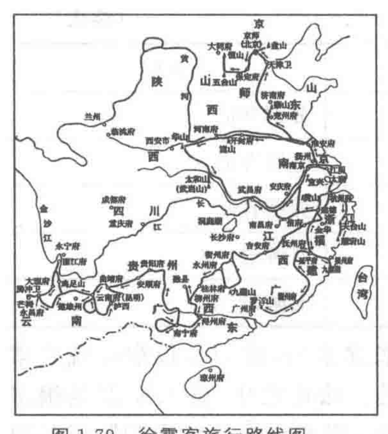



图 1-79　徐霞客旅行路线图

川、名胜的描写也早已超出了文人游客陶冶性情的层次。

徐霞客的旅行基本上以崇祯九年前后分为两个阶段。在前一阶段，他出游旅行在时间分配上看是比较短的，经常是春出夏归或者夏出秋归；从旅行地域分布来看，多是在东南、华北一带，包括现在的浙江、安徽、福建、江西、河南、陕西、湖南、湖北、山西、北京等省市；后一阶段，则是以时间长、路途远为特点，时间从崇祯九年至十三年，长达 4 年之久，旅途历经浙江、江西、湖南、广西、贵州、云南等省，行程达万里之多。见图 1-79、表 1-11。

**表 1-11　徐霞客游迹、游记对照表**

| 年份 | 游迹 | 游记 |
|---|---|---|
| 万历三十五年(1607) | 游太湖 | 无游记 |
| 万历三十七年(1609) | 游泰山、孔林孟庙，北入京 | 无游记 |
| 万历四十一年(1613) | 宁波渡海游落珈山(普渡)，遂游天台、雁宕 | 天台、雁宕有记，余无记 |
| 万历四十二年(1614) | 冬游南京 | 无游记 |
| 万历四十四年(1616) | 春游白岳、黄山，夏入武夷、九曲，秋游山阴、西湖 | 白岳、黄山、武夷(附九曲)有记 |
| 万历四十五年(1617) | 奉母游荆溪、句(读勾)曲，亦入善权、张公诸洞(在江苏宜兴) | 无游记 |
| 万历四十六年(1618) | 游庐山，再游黄山 | 分别有记 |
| 泰昌元年(1620) | 游仙游之九鲤湖，观浙江潮 | 九鲤湖有记 |
| 天启三年(1623) | 游嵩山、太华及太和山，后二年遭母丧 | 分别有记 |
| 崇祯元年(1628) | 游闽，南至罗浮山 | 闽游日记(前)，罗浮无记 |
| 崇祯二年(1629) | 游北京及盘山 | 无游记 |
| 崇祯三年(1630) | 再游闽 | 闽游日记(后) |
| 崇祯五年(1632) | 再游天台、雁宕 | 分别有记 |
| 崇祯六年(1633) | 取道北京，游五台、恒山 | 五台、恒山有记 |

（续表）

| 年份 | 游迹 | 游记 |
|---|---|---|
| 崇祯九年(1636) | 游浙江、江西 | 分别有记 |
| 崇祯十年(1637) | 游湖南、广西 | 分别有记 |
| 崇祯十一年(1638) | 游广西、贵州、云南 | 分别有记 |
| 崇祯十二年(1639) | 游云南 | 有游记 |
| 崇祯十三年(1640) | 从云南东返 | 无游记 |

徐霞客在旅行中很少用舟、车、牲口，大多是长途步行，途中常投宿寺院吃素餐。可以想见他的旅行方式是非常的朴素简单的。旅途之中，强人盗匪是很多的，除此之外，还有断粮的情况，身处僻壤，形单影孤，没有顽强的毅力和胆识是很难坚持下去的。但是，徐霞客面对这些艰难险阻，只是以“何处不可埋吾骨耶”来对待，表现了他献身于事业的大无畏精神。他在旅行过程中，每天都有预定好的考察计划，为了把考察所得保存下来，每天旅途归来或在旅途中，他都坚持把所见、所闻、所思记录下来。他的游记都是以日记的形式记录的，每天少则数字多则上千字，积习日久，用他毕生的劳作，为后人留下了不朽的巨著《徐霞客游记》。

《徐霞客游记》一书集中了徐霞客几十年的心血，在崇祯九年以前共存游记17篇，约有5万多字，占全部游记约8%，主要反映的是他在东南及华北游历时的考察记录，有些出游没有记录。晚年在西南地区4年考察的游记有17篇，按年、月、日进行记述，这是游记最主要的部分。按徐霞客原本的分篇为：浙游、江游（江西）、楚游（湖南）各1篇，粤西（广西）3篇、黔游（贵州）2篇，而滇游（云南）却独占了11篇。可见，全书的精华是在西南的广西、贵州、云南境内。游记除去正文以外，还有《溯江纪源》及《盘江考》两篇，其他的还有杂文10余篇（诸如《游太华山记》、《游颜洞记》、《滇中花木记》、《随笔二则》、《永昌志略》、《丽江纪略》、《鸡山志目》、《鸡山志略》等），此外还有五言、七言各体诗30余首。

《徐霞客游记》的内容十分广泛，历来受到人们的重视，研究者很多。《徐霞客游记》是一部地理学的巨著，也是一部反映明末社会生活的“百科全书”，同时又是一部脍炙人口、文辞俊美的文学作品。我国地质学界前辈丁文江先生曾用10余年时间专门研究整理编订了《徐霞客游记》。20世纪80年代，褚绍唐等经研究整理考订后出版《徐霞客旅行路线考察图集》，使后人对徐霞客的研究不断发展。

《徐霞客游记》对地理学的贡献通过游记反映出有以下几个主要方面：

(1)对岩溶地貌的考察并给予科学的定名。岩溶地貌在我国的南方分布很广，徐霞客在旅行之中，对包括湖南东南部到云南东部的广大地区进行了广泛的考察，在游记中约有1/5的篇幅记述了这种地貌特征，并在仔细观察的基础上对这种地貌所形成的不同形态，给予生动的记述和科学的定名。他称石灰岩山地受

雨水溶蚀后形成的石芽和溶沟地形为石萼或石锷、石齿；称石灰岩台地呈锯齿状的石芽地形为石齿或石骨；称溶沟地形为石隙。他称岩溶漏斗为井，竖井中的漏斗为龙井。他称盆地的岩溶洼地为阱或 ying；称岩洞中的钟乳石为乳柱、石柱；称岩溶地貌的天然桥为天生桥等等。

徐霞客还运用科学的类比和归纳的方法观察和记录了岩溶地貌。在考察了桂、黔、滇三省的岩溶地貌之后，徐霞客指出："盖此丛立之峰，西南始于此（指罗平），东北尽于逆州，磅礴数千里，为西南奇胜。"这就在地理分布上指出了这三省岩溶地貌的分布范围。同时又将三省的石山地形和水文的特征区别加以比较和对照，并将他们按照不同的特征表达出来。对岩溶地貌的形成原因，徐霞客也进行了探讨，他认为地表的各种石山地形是由于"山洗其骨，天洗其容"，落水洞的成因在于"水捣成井"，石潭的成因为"渊坠成潭"等等。他对各种碳酸钙沉积物也有完整的论述，在对云南永昌（今保山）的水帘洞考察后，他对钟乳石的形成原因的解释是"石膏日久凝胎而成"。

（2）对地质现象和其他地貌现象的考察。腾冲是火山活动的典型地区，徐霞客在腾越州（腾冲）附近考察后曾记述了一次火山喷发的情况："……中有龙潭四，深莫能测，足声至则涌波而起，人莫敢近，后有牧羊者，一雷而震毙羊五六百及牧者数人，连日夜火……山顶之石，色赭赤而质轻浮，状如蜂房，为浮沫结成者，虽大至合抱，而两指可携，然其质仍坚，真劫灰之余也。"他对火山的描述是完全符合科学解释的。徐霞客有关火山的描述和记载，比意大利人莫洛 1707 年考察维苏威火山早了 370 年。徐霞客在滇西的考察中还记录了温泉 19 处。在对温泉的描述中他谈到："泉孔随地而出，其大如管，喷窍而上，作鼓沸状，滔滔有声，跃起水面者二三寸，其热如沸。"这些真实而形象的描写，说明徐霞客对地热资源的考察是我国的先驱。

在徐霞客的游记中也反映了他对河流侵蚀，作过非常仔细的观察，并做出了正确的判断。在对水系的考察过程中，徐霞客对历史上史书记载中的疑误也进行了更正并给予正确的解释。

徐霞客的成就是多方面的，《徐霞客游记》这部伟大的著作确立了徐霞客在世界地理考察和研究上的地位。在欧洲，对自然景观的研究是 18 世纪以后的事，而徐霞客的地理考察要早于西方著名的地理学者罗蒙诺索夫、洪堡一二百年。徐霞客的游记经整理后达 60 余万字，其篇幅远远超出了比他早约 300 余年的《马可·波罗游记》。《徐霞客游记》不仅篇幅巨大，而且它的内容也十分丰富，他在地理现象各方面提供的丰富的资料及经过分析而得出的地理见解和概况有些已接近西方地理学 18 世纪的认识。他为创立科学的地理学奠定了基础，是我国封建社会最杰出的地理学家。

# 下篇

# 近代地学

# 一、近代地学的孕育

近代自然科学产生于16世纪，其诞生的主要标志是1543年哥白尼《天体运行论》的发表。恩格斯在分析科学产生的条件时曾讲："如果说，在中世纪的黑夜之后，科学以意想不到的力量一下子重新兴起，并且以神奇的速度发展起来，那么，我们要再次把这个奇迹归功于生产。"也就是说，近代自然科学的产生源于资本主义生产发展的需要。那么，自然科学是应社会发展的需要而出现的，是社会生产发展的产物。

早在13、14世纪的时候，在地中海沿岸的一些城市已经出现了资本主义最初的萌芽。14、15世纪时，脚踏纺车、脚踏织布机、水力、风力发动机和磨粉机等机器已经用于生产。而地理大发现更开阔了人们的眼界，真正发现了地球。所有这些，都为世界贸易的出现奠定了基础，为资本主义生产方式的确定创造了良好的条件。

文艺复兴之后，地学的发展也获得了新的空间，特别是在矿物学、生物化石成因方面具有明显的发展。在这一时期，诸如地球起源、演变、地层、地震、山岳的成因、河流的生成等问题都展开了探讨和研究，以此来寻求科学的自然观和方法论，这就为建立现代地学做了前期的准备。

## 笛卡尔所假想的地球

笛卡尔是法国著名的哲学家、物理学家、数学家，有学者称他为近代科学的奠基者之一。见图2-1。



图2-1 法国自然科学家、哲学家笛卡尔

笛卡尔1596年出生于法国都兰城，1650年逝世于瑞典斯德哥尔摩，法国自然科学家、哲学家。笛卡尔的父亲是一位法官，其家庭应该是地位比较低的贵族阶层。笛卡尔在1岁多时母亲患肺结核病去世，他也被感染。因此，笛卡尔自幼体弱多病，从此养成了在床上读书的习惯。笛卡尔是由外祖母养大，父亲一

直为他提供经济上的帮助，使他得到了良好的教育。在8岁时，父亲将他送进当时著名的贵族学校学习，他在这所学校学习了8年，接受了传统的教育启蒙，学习了古典文学、神学、哲学、历史、法学、医学、数学等自然科学。这为他成为著名的哲学家奠定了基础。

1616年，笛卡尔毕业后进入了普瓦捷大学学习法律和医学。笛卡尔是一位求知欲很强的人，对各种知识都感兴趣，尤其是数学。在他的认识中，是要向世界和社会这个教科书中获得知识和智慧，不断地为他的“思想”补充能量。1622年，笛卡尔变卖了父亲留下的遗产，用4年的时间在各地游历，那年他26岁。他曾在意大利居住了2年，后来又迁往巴黎，1628年移居荷兰，在那里居住了20多年。他的主要著作大多是在荷兰写成的。他的主要著作有：《指导哲理之原则》(1628)、《论世界》(1634)、《屈光学》、《气象学》、《几何学》(1637)、《哲学原理》(1644)、《形而上学的沉思》等。

笛卡尔终生未婚。1650年笛卡尔去世，时年54岁。在他的葬礼上，仅有几位他的友人前往，因为他的思想和学说不被社会所允许，他的葬礼自然受到了教会的阻止。他死后，1663年，笛卡尔的著作在罗马和巴黎都被列入教皇颁布的禁书目录，直至1740年巴黎才解除了对其著作的禁令。1799年法国大革命后，笛卡尔的骨灰和遗物被送进法国历史博物馆。

笛卡尔是一位二元论者，被认为是近现代哲学的奠基人，是他建立了一套完整的哲学体系。笛卡尔认为，人类可以用数学的方法，即理性来进行哲学的思考。他在物理学中发展了唯物主义的思想，他的唯物主义自然观促进了科学的发展。在笛卡尔的著作中，我们没有发现专门论述地质思想的内容，但他在1644年发表的《哲学原理》一书中，则提出了有关地球起源及内部构造的认识，我们将这些方面看作是他的地球观。他还在天体演化方面提出了自己的见解，我们可以认为是他的关于天体演化的学说。

关于世界本原的问题，自古以来就成为人们争论的焦点。古代的哲学家们为此提出了多种见解，其中的原子说被认为是最符合现代科学解释的认识之一。然而笛卡尔则对原子说持有不同的见解。他认为原子说存在几个问题：

首先，原子说认为原子是不可分离的物质。笛卡尔不同意原子不可分割，他认为物体的本质属性是它的广延性，而物体只要有其广延性，就不可能不被分离。原子的不可分割性是不存在的。他认为：“宇宙中并不能有天然不可分的原子或物质部分存在。因为我们不论假设这些部分如何之小，它们既然一定是有广袤

的，我们就永远能在思想中把任何一部分分为两个或较多的更小部分，并可因此承认它们的可分割性。”

其次，在前面我们谈到原子论时，知道原子论的提出者们都认为有“虚空”的存在。然而笛卡尔对此则持否定的态度。他认为宇宙充满了物质，以至于充满物质的空间本身就是物质，哪里还有什么“虚空”存在呢？他说：“虚空这一名词的通用意义并不是指一个没有任何事物的场所或空间，而是指一个场所，那里没有我们假设为应有的那些东西。”“譬如说一个小瓶，瓶中无水，但还有空气，因此无水的小瓶并不是真空的。”“说到哲学上所谓的虚空，即无实体的空间，则这种东西显然并不存在。”同时，笛卡尔还对原子论者关于原子的重量、原子的组合形式等问题提出了质疑。

针对原子论的各种问题，笛卡尔认为原子论的构想是不成立的。为此，他提出了自己的假说——以太论。

笛卡尔认为，以太是一种非常稀薄的连续的流体，以太本身没有重量，不能被人们的感官所感受到。物体的作用是通过以太的挤压来传递的，天体在以太中运行不会受到任何的阻力。1644 年，在《哲学原理》一书中，笛卡尔首先把以太的概念用于科学。按照笛卡尔的构想，以太是物质的运动场所。那么，物体为什么能在没有空隙的地方运动呢？针对这个问题，笛卡尔设想：一个粒子让出一个位置后，它的已空的位置立刻会被邻近的粒子所占有，而空出的位置又会被第三个粒子所占据。正是粒子的不断位移，做出循环的旋转运动，从而形成了物质的涡流。太阳居于一个大漩涡的中心，巨大的漩涡推动行星围绕着太阳旋转。而每个行星又是较小漩涡的中心。在涡流旋转运动的过程中，重的物体被旋向中心，而轻的物体则旋离中心。也就是说，物体的下落是由漩涡的运动造成的。这种认识被认为是笛卡尔提出的天体运动的漩涡论。

在笛卡尔的以太论、漩涡论的构想中，笛卡尔把漩涡比喻为一个研磨机，这个研磨机不停地研磨着不断变换位置的粒子。研磨过程中，细小尘埃的碎末是火元素，它们聚集一起成为恒星，另外的一些粒子被研磨成球状的气元素，它们构成了宇宙的空间，而另外一些有形状的物体则形成了地球、行星和彗星。1669 年，荷兰的一位物理学家惠更斯宣布他用实验证实了笛卡尔的漩涡理论。

笛卡尔的地球观就是在他以太论、漩涡论的认识上形成的。他在《哲学原理》一书中描述地球有很漫长的历史。地球的最初形态是一种熔融的状态，很像太阳，但后来由于冷却被披上一层硬硬的外壳，这就是地壳。地壳下保存着空气和

水，地壳有时会产生断裂，断了的部分沉入水中，水因此而上升至地壳上来，形成了海洋；而山脉的形成则是那些耸起的地壳碎片组成的。见图 2-2、2-3。他在《哲学原理》中指出并强调了他的观点："地球与其他天体一样，是由以太回转运动作为固有性质的原始粒子形成的。粗而重的原始粒子汇聚在地球中心，细而轻的粒子汇聚在外侧，这样就形成了地壳。地壳的碎片集合起来形成大陆和海洋、山岳和峡谷。火山活动和火山物的喷发，是由于地球内部高温而发生的现象。"由此我们不难看出，笛卡尔的地球形成观点比他以前的原子论、微粒子论等理论假说更接近于科学。

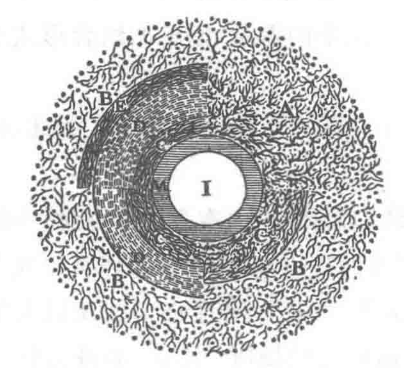



图 2-2　笛卡尔绘制的地球进一步发展的图示

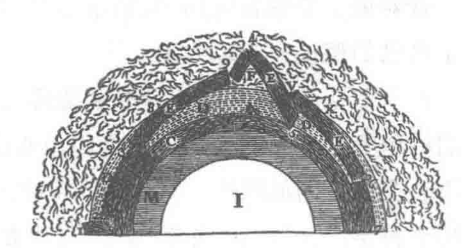



图 2-3　笛卡尔绘制的地球发展的四个阶段

## 莱布尼兹的地球形成理论

与笛卡尔的地球观持有相同观点的人还有一位著名的科学家——莱布尼兹。见图 2-4。



图 2-4　德国哲学家、自然科学家莱布尼兹

莱布尼兹是德国著名的科学家，1646 年生于德国东部的莱比锡。他的父亲是一位大学教授，母亲也出身于知识分子家庭。因此，莱布尼兹自幼不仅得到了父母的疼爱，同时受到了父母亲知识上的启蒙。非常不幸的是，在他 6 岁那年，父亲去世，母亲独自承担起了教育儿子的任务。据说莱布尼兹的父亲给儿子留下了丰厚的遗产，这个遗产不是金钱，而是比金钱更为宝贵的丰富的藏书。在母亲的教育下，莱布尼兹很早就接触了古希腊罗马的文化，并阅读了许多著名学者的著作。由此看来，莱布尼兹的勤奋好学和天赋在他的知识获得过程中起到了重要的作用。15 岁时，莱布尼兹进入莱比锡大学学习法律，17 岁时就以优秀的论文获得了学士学位。1665 年，莱布尼兹 20 岁，这一年他写

完了博士论文，但校方借口他太年轻而拒绝授予学位。莱布尼兹对此表示不能接受，于是愤然离开莱比锡大学，转到一所纽伦堡附近的大学，果然，他的博士论文被通过，并授予他法学博士学位，同时还聘请他为该校的法学教授。

莱布尼兹是一位博学的学者，他的研究涉及哲学、数学、法学、力学、光学、机器制造等领域，有人称他为17世纪的亚里士多德。他最被人称道的是他和牛顿先后独自创立了微积分。他还设计制造了一台可以进行加、减、乘、除及开方运算的计算机，莱布尼兹称其为“乘法器”。可以说，莱布尼兹对计算机的贡献，为现代计算机的发展奠定了基础。莱布尼兹分别在1673年和1700年被选为伦敦皇家学会会员和法国巴黎科学院院士。据说莱布尼兹有一个完美的计划，他希望通过建立科学研究机构，发展科学和技术用来改造社会，广泛地建立科学院就是他的主张之一，他还倡导编写“百科丛书”借以留存和传播科学技术。为此，他曾向俄国的彼得大帝游说在俄国建立科学院，引起了彼得大帝的重视。

莱布尼兹于1716年11月14日去世，他一生独身，没有子女，终年70岁。

前面我们谈到，莱布尼兹的宇宙形成观点与笛卡尔是一致的，这是因为莱布尼兹不同意所谓的“虚空”的观点。他与笛卡尔的漩涡论中的粒子说不同，他提出了所说的“单子说”。他认为世界由单子所构成，他所说的单子并不是一种物质的实体，也没有所谓的广延性。但这个单子充满了活力，因其没有广延性，所以它不能被分割。由此他认为物质的本质不是广延性而是运动。莱布尼兹认为自然界本身应该是和谐的，但是他无法找到和说明这种和谐的客观依据，于是就推说是上帝造成的。本来，莱布尼兹是不相信上帝的。他平时很少到教堂去，自称是一个什么也不相信的人，就在他去世的时候，教士们也以他不信上帝为借口，推脱参与他的葬礼。看来，莱布尼兹为了证明自然界本身是和谐的观点，实在是找不到什么合适的根据，只能推到了“上帝”的身上。他说上帝在创造单子时已经为单子做好了安排，他称为“前定的性质”。单子被创造后，按照前定的性质发展、运动，由此导致出现了万物和谐的局面。这种和谐又被他称为“前定和谐”。无论如何，莱布尼兹关于宇宙形成的认识是有道理的。

1693年，莱布尼兹发表了他的文章《地球形成理论》，后来这篇文章扩充为《原始地球》一书。这可认为是他关于地球论述的代表性著作。应该说莱布尼兹的地球理论是从哲理概念出发，发展了具有哲学理念的思辨天体演化假说，对宇宙生成与发展的认识另有其独特的观点。

莱布尼兹认为，地球的演变不是短时间内形成的，而是经历了一个漫长的历史，岩石最初是由熔融物质经过冷却后凝结而成。后来，出现了从被水掩盖的地球的水中沉淀出来的层状沉积层，而后掩盖地球的水便流向断落的坍塌地带，水

冲刷着原生的岩石，并把它们搬运到别的地方，搬运过程中将岩石打碎而形成砂粒和黏土。他提出：当地球外壳冷却到能凝缩为蒸汽时，淹没高山的大洋就形成了。他把地壳看作是具有孔状构造的物质，当巨大的地下空间上面的背斜顶部遭到破坏时，地表水就急湍地流向那里，水面就显著地下降。由于破坏作用，原来是水平的岩层变得倾斜，而保持不动的地段成为山脉，坍塌的地带则形成谷地。

莱布尼兹还提出：地球在开始的时候是一个燃烧的辉煌的块状物体，后来开始冷却，并不断冷却到现在。当冷却达到可以使蒸汽凝聚到比较低的温度时，便产生雨粒而形成一个能够覆盖最高山峰和整个地球的海洋。因为地壳最初是多孔的结构，这就给水形成激流流入地下提供了空隙，这样的过程，其结果是使原始海洋的水位降低。他认为原始的地块有两个起源：一个是从火中成为熔融体冷却下来的物质；另一个是从水中凝固而成的物质。正是这两种物质的反复变化的作用，造成了我们现在的地球上可以见到的地层。

莱布尼兹的地球理论，可以算作原始的海洋说、岩石火成说以及地球冷却说（收缩说）最早的提出者。莱布尼兹的理论是在笛卡尔的地球观基础上有所发展，后来又被雷曼、费西尔等人研究后，得到了发挥和发展。

## 胡克的《论地震》

胡克是一位著名的英国科学家。提起胡克，科学界几乎无人不认识，他的名气仅次于牛顿，就像一提到“万有引力”就想起牛顿一样，一提到牛顿，胡克的名字马上会被提及。

罗伯特·胡克，1635 年 7 月 18 日出生于英国，是著名的博物学家、发明家。作为 17 世纪英国杰出的科学家之一，胡克在力学、光学、天文学、仪器制造与发明方面都有重大的贡献。胡克曾就读于牛津大学，并在牛津大学做物教。由于他在研究领域多有成就，1663 年当选为伦敦皇家学会会员。在伦敦皇家学会的早期，胡克是一位重要的人物，他渊博的学识，使他的名气很大。然而由于他和牛顿的对立（在发现“万有引力”的问题上，胡克与牛顿存在争论），使他在后来的岁月中处于一种孤立的地位，并在 1703 年 3 月 3 日在孤独和落寞中去世（胡克一生未娶），时年 68 岁。见图 2-5。



图 2-5　胡克

胡克和前面所谈到的其他学者一样，并不是一位真正的现代意义上的地质学家，这从他在科学研究领域中主要的研究方向，以及被

人们所称道的研究或研究成果中可以看得出来。然而，在地质领域，胡克的贡献则被后世的地球科学家们所铭记。正如一位科学史家所说："地质学早在'地质学'这个词实际创造出来之前就开始了从诸如自然史、'地球理论'中萌生的过程。这是个逐渐的过程而不是瞬间的过程。我们可以从胡克的著作中看到英国这种'分离'过程的早期暗示，紧跟着在意大利就出现了斯蒂诺，然后是其他一些欧洲大陆学者。"从这段文字中，我们似乎感觉到了胡克在地质学发展中的作用，起码他是地质学新旧时代转变过程中的一位重要的代表性人物。

1688年，胡克完成了他的地质学著作《论地震》的写作，然而这部书的出版则是他去世后两年，既1705年的事了。这本书论及了包括：地震、火山、陆地升降以及许多有关地质方面的内容。正是这本书使后世学者把他列入了地质学家的行列。

胡克是英格兰南部的人，他和其他时代的人一样对岩石中的化石深感兴趣，尤其是英格兰南海岸存在的巨大而奇异的菊石，吸引了他要进行一番研究的注意力。他对这些化石进行仔细地观察，他的研究成果在他1668年以及1687年在皇家学会所做的《关于地震的演讲和论述》报告中进行了介绍和说明。对于化石的存在，胡克从来不怀疑它们是地下埋藏的以前所生存的生物的遗体这样一个事实。他所关注的是从这些化石的研究中，看到了这些化石出现在内陆地区，表明了大陆和海洋的位置和相对高度在地质历史上发生过变化，以及化石的成因问题。

胡克在《论地震》一书中，就他的观察和分析提出了他的见解。他提出：地球是一个不规则的球体，被扁球状的水圈所包围。地球有极轴，相对天来说它大致是固定的(尽管它缓慢、稳定地改变着方向，因而产生了岁差现象)。地球除了绕自转轴的周日运动、绕太阳的周年运动，还有一种缓慢运动。他认为地球的这种运动会产生两种作用，其一是作用在地球外壳的任意一个部分时，这种力会逐渐改变；其二，因为地球水圈是扁球形状的，那么，曾经是陆地的某些表面会淹没在水下，成为成层的沉积岩层，而其他部分则会逐渐露出水面，并遭受到一定程度的剥蚀。他进而推论，地震很可能是施加在地壳不同部分的力的大小和方向，而逐渐造成了岩层的塌陷的结果。而第二种作用还会造成陆地不断缓慢地连续露出水面和被海水淹没，从而形成一种侵蚀和沉积的循环交替。胡克用这种作用来解释为什么在远离大海的地方会出现化石的现象。

胡克按照自己的观察和推论设想了一种情况，如果因为生存环境的变化，是不是会有某种生命形态，会因为陆地不断地出露或被海水淹没造成生命形态被毁灭呢？如果这种情况存在，那么，在有生命形态被毁灭的同时，可能会有新的生命形态出现。因此，胡克大胆地提出了一种设想：人们可能从这些化石中得出地球

年表,用来说明发生突变和突变的时间间隔。换句话说,可以通过研究化石来编写地球历史。胡克并没有意识到,他的这个设想已经将地质学的一只脚踏进了现代地质学的科学领域。

胡克对化石可以鉴定地质时代的设想是极负远见卓识的。他曾坚定地说:"我们利用化石鉴定地质年代,虽颇困难,但绝非不可能。"他自己曾在这一思想指导下做过化石的研究。他从地震的产生入手,认为地震是地下火作用的结果,这种地下火也是引起火山喷发的动力。由于地震,海洋变为陆地,陆地变为海洋,平原变为山地,山地变为平原。化石的被发现就是这种作用下出现的。他认为化石是有机体的遗骸,也就是生物成因。他经过比较研究,强调指出,许多化石(如菊石类)不同于现代生活着的种属,并认为这些古代生物的毁灭也是地震造成的。分析胡克的认识,我们可以得出,胡克明确提出了化石是认识地球远古历史的证据;提出了物种灭绝的假说。

胡克曾在波特兰地区发现了两栖龟类化石,他认为这个地区过去曾经是处于温暖的气候条件下的,否则不会有两栖龟类在此地生存。就此,他推论并提出英国曾经位于赤道地带的海底。关于山脉的成因,他认为山脉的形成是由于突然出现的变化而形成的,譬如阿尔卑斯、安第斯山等山脉都是由于突然出现的地震而造成的。

胡克对地质学的贡献,地质科学史研究学者给予了归纳和评价。他们认为:①胡克关于地震地质作用的观点是早期活动论的论点;②关于地质年代气候变迁的思考,是古地理学与古气候学的思想萌芽;③地震、火山是突发的自然现象,是早期灾变理论的雏形;④断定化石是真正有机物质形成的,是比古币和勋章更为确切的古代标志,可以建立起地层的年代顺序;⑤提出地球历史可以由化石来判定,阐述了化石与地层的关系。

## 斯蒂诺整理了地层学

地球科学的建立与发展,是人们在长期的生产实践中逐渐积累经验、知识和资料,并不断地进行总结和规律化的结果。

17世纪是地质学从传统地质学向近代地质学建立的过渡时期,与胡克同时代的丹麦学者斯蒂诺是这一时期的代表。为了更系统地叙述有关问题,我们将有些地质学发展中的概念及其演变过程做一下系统的介绍。

作为地质研究中的一个重要组成部分,"地史学"的研究对象是整个地球外壳的成因、成分、构造及其演变过程,因而它就成为一门综合性的学科。传统的地史学,其研究内容偏重于生物地层学和年代地层学。现代地史学的研究,相对于传

统地史学则在内容的广度和深度方面有了重要的发展。表现为,由于世界各地区区域地质研究的普遍进行,科学家们不但有可能全面比较各个大陆的地层发育情况,从而得出对于各时期全球性的海陆分布和古地理轮廓的认识。与此同时,把地层的层序关系与其沉积岩类型结合在一起,也可以得出地球表面各个地区,具有不同构造性质的认识及划分出不同构造区的概念。

作为地史学的重要内容,地层学是研究地球外壳的基础。因此,对于地层概念的了解和认识是非常重要的。

### 1. 关于地层

所谓地层,是一切成层岩石的总称,它包括变质的和火山成因的成层岩石在内。在地质调查的实践中,首先要解决的问题就是关于一个地区的地层层序及与其相邻地区地层层序之间的对比关系。不同的地区,地层形成的具体层序差别是很大的。所以,地层的对比必须有一个客观的标准。那标准是什么呢?这个标准就是把不同地区的地层单位,根据它们的岩石性质、化石特征进行对比,以证明这些地层在层位上是否相当,在时间上是否接近。

传统的地层学主要是研究成层岩系所含的古生物化石的相对年代顺序,一般称为生物地层学或者年代地层学。从沉积学的角度来讲,研究成层岩系的沉积环境以及它的形成过程,被称为“沉积地层学”或者“岩石地层学”。

在早期的地层学研究中,生物地层学是地层研究的主要内容。谈及生物地层,人们很自然就会联系到化石,因此,化石与地层有着认识上不可分割的联系。

在前面有关内容中,我们曾涉及一些古代哲学家和自然哲学家,对化石及海陆变迁等自然现象的关注和观察,如古埃及和古希腊的学者,很早就将贝壳化石作为海陆变迁学说的证据。中国人对化石的认识,也早有史料记载。唐代颜真卿在《麻姑山仙坛记》中指出:“高山犹有螺蚌壳,或以为桑田所变。”北宋沈括在《梦溪笔谈》中多处提到生物化石并确认它们都是生物遗迹;南宋哲学家朱熹在《朱子语类》中写道:“尝见高山有螺蚌壳,或生石中,此石即旧日之土,螺蚌即水中之物。下者却变为高,柔者却变为刚。此事思之至深,有可验者。”在这里,朱熹无疑很自然地引出了地面升降的结论,并对化石地层成因给予了合乎科学认识的解释。就此来讲,朱熹的见解论及了所谓唯物的化石成因的问题。

在中世纪,达·芬奇(Leonardo da Vinci,1452—1519)曾正确地解释了化石的成因。但此后的三个世纪在化石的成因问题上受到欧洲人《创世纪》的影响,完全陷入了简单的证明和辩论上,这就是莱伊尔指出的“学者们的天才和精力完全浪费在辩论和证明两个简单的问题:第一,化石原来是否属于活的动物;第二,如果接受这个观点,那么这种现象是否能用诺亚洪水来解释。”这种思辨,可以说连

唯物主义的前提也不存在，使人们对自然界变化的认识走入了一个人为的、西方世纪的化石之谜的怪圈。同时，引发出了许多的奇谈怪论，一些著名的人物提出了化石是“脂肪发酵的产物”、“地气蒸发形成”、“造物的戏谑”等等令人啼笑皆非的说法。这样的思辨和争论，则完全违背了科学的宗旨。

当人类纪元进入17世纪之后，丹麦的学者斯蒂诺将现代的鲨鱼和狗鱼进行解剖并与化石进行比较，证明化石是动物的遗迹。英国博物学家胡克用简单的显微镜观察比较了棕榈树和硅化木，证明了硅化木是植物的遗迹。他认为像菊石、鹦鹉螺、贝壳等化石应该是证明自然史不可伪造的证据。也就是从这时开始，地层学研究开始进入科学的轨道，近代科学定义上的地质学即将诞生。

**2.斯蒂诺与地层**

1638年1月1日，尼古拉斯·斯蒂诺出生在丹麦的哥本哈根。他的家庭因为有做金匠的父亲，所以生活是很宽裕的，但斯蒂诺的童年却是在动荡不定中度过的。在他懂事不久，父亲就去世了，他的母亲在父亲去世后连续两次再婚，使幼小的斯蒂诺不知所从。稍大后，斯蒂诺进了教会学院接受教育。尽管经历坎坷，但斯蒂诺对科学的兴趣和追求没有丝毫的改变，尤其是在教会学院，在一位名叫奥尔·伯士的老师指导下，他对自然哲学和实验哲学非常关注。1656年，斯蒂诺进入哥本哈根大学学习医学。本来他有学习数学的愿望，但考虑到学习医学对今后的求职会有好处，便决心在医学上下功夫了。后来他成了很好的解剖学专家，并获得了莱顿大学的医学博士。

斯迪诺对地质学的兴趣是从化石开始的。他曾听过一位他很尊重的老师和别人讨论有关为什么在山地岩层中会有海洋生物化石的问题，虽然他对此没有研究也不能参与讨论，但他把“化石”的事情记录在了他的日记之中。1666年，一条硕大的白鲨鱼在意大利的海滩被杀死，他的朋友请他去解剖鲨鱼头部。在解剖过程中，斯蒂诺发现鲨鱼的牙齿和他的老师所收藏的化石很相似，这引起了他极大的兴趣，并开始进行研究。他把两者进行深入的比较分析，得出了一个结论。他说，在漫长的化石形成过程中，尽管形状固定，但他们的物质组成部分却是会发生变化的。为此他写了一个报告，在报告中他指出，如果一个人认为舌化石有可能从鲨鱼的牙齿化石进化过来的话，那么他离真理也就不远了。从此开始，斯蒂诺沉迷于对地球的研究。当然，斯蒂诺对地质学的研究没有成为他的主业，但他对有关地质的问题的认识和见解则是非常有见地的。斯蒂诺一生仅存世48年，1686年11月25日不幸去世，当人们整理他的遗物时，发现他只有几件破旧的衣服而已。

斯蒂诺在地质方面提出许多进步的观点，更多的是关于岩层的划分。他确切

地指出沉积岩是颗粒在水里沉淀而成，因此把“原生岩”与碎屑岩区分开来，并根据岩层的相互位置确定了岩层的相对年代。他还指出岩石是沉积作用的产物，岩层自下而上，有新老意义；化石可以证明古时海水之分布；他认为地层倾斜，是由于地下物质向外喷发所造成的。关于年代问题，他提出了 6 个连续不断的沉积时期：(1)陆地完全沉没于海，因此会有地层的堆积，但不含化石；(2)陆地升出海面成为干平原；(3)地面断裂为山岳、悬崖、丘陵等；(4)陆地又沉没于海的变化是地球重力中心变动所致；(5)陆地又露出水面形成广大之平原，则是由于泥沙淤积海中，海岸加广，从而形成陆地的结果；(6)高起之平原有流水侵蚀，是在地下火力作用下变为沟谷及悬崖的。

斯蒂诺认为沉积岩最初应为水平产状，是由于火山作用而产生褶皱、断层及剥蚀作用，由此形成山脉。通过长期的观察和分析，根据在岩层中发现的贝壳和植物化石，他能区别出沉积于海或形成于陆地上的岩层。同时主张陆地和海不是固定不变的，其轮廓已在改变着，现在是陆地的地方从前是海，有的地方则相反。斯蒂诺是有着地表经常改变的清晰概念的，他认为山脉在上升着，破坏着。同时他也提出过地表水和地下水的侵蚀活动及火山现象。特别重要的是他确定了关于岩层的特征及其产状的两条规律：一是，每一岩层都受最初具有水平状态的两个平行面的控制，所以，如果现在我们看到了倾斜岩层，那就很清楚，这岩层在沉积以后被某些后来的作用改造了；二是，每一岩层一定水平地延伸得很长，并占据广大的面积，所以，如果现在我们观察到某一岩层的分布在河谷、峡谷和其他低地形的地方中断了，那就可以推测，这个岩层在这里被冲断了。这两个原理现在认为是不言而喻的，它们是整个构造地质学和大地构造学借以树立的公理，这个发现，在地质史上确实是个光辉的贡献。

1669 年，斯蒂诺在《天然固体中的坚硬物》一文中提出了生物地层学原理的见解。他认为，含化石的地层是地球史的记录，化石生物与现代生物的生存方式相似；如果化石生物与现代海洋生物相似的话，可以证明存在生物化石的地层应为海洋沉积；如果与现代陆地生物相似的话，应该可以证明这个地层为陆地沉积。他的认识提出了最早的岩相概念，从而成为生物地层学的创始者。

斯蒂诺以他直接观察的研究方法提出了地层学的三个定律：(1)叠加定律；(2)原始连续定律；(3)原始水平定律。

1763 年，俄国著名学者罗蒙诺索夫出版了《论地层》一书，成为专论地层的经典著作。他根据当时所搜集的材料将地层的形成归纳为五种方式：(1)黏土的硬结；(2)液体胶废物的渗入；(3)增叠和静置；(4)结核作用；(5)成粒作用。

在罗蒙诺索夫的认识中，地层的形成和变动多是由于地震、地面升降和洪水

作用的结果。他的这些认识，在当时并未被人们所接受，直到半个世纪以后，才被人们重新认识。

因此，我们看到，地球科学形成为一门较为系统的科学领域是在18世纪后期。这是由于工业革命带动了各门科学发展，导致了人们思想认识上的革命所带来的结果。到了19世纪末，地层学的概念得以形成、建立，表现为地质年代与地层系统的建立。18世纪末，英国科学家史密斯长期在野外观察，他发现在中生界地层中所含的化石各有不同，他认为可以据此来确认地层的年代和对比，被称为化石层序律。史密斯的发现为地层研究，特别是为地质年代表的建立奠定了基础。19世纪30年代，莱伊尔在研究海相第三系地层过程中，以各层所含化石与现代生物相同的百分比为其标准，从而建立了第三系的系统。他的重要意义在于最早使用了生物地层学的研究方法。直到19世纪70年代，经过科学家们的努力，全部建成了现代所使用的系一级的地质年代单位，这样使以地层学为主体的狭义的地史学形成为一门独立的学科。

**3. 地层的划分**

地层是指在地壳演变过程中，由于地质作用的影响，而形成的具有一定层位的一层或者一组岩石。它的表现方式可以是固结坚硬的岩石，也可以是没有固结的堆积物。层状地层上下相邻的地层之间可以表现为明显的层面，或者被沉积间断面所分开，表现为间断面。这种间断面可以表现为上下层之间为平行地层，也可以表现为上下层之间为不平行的地层。实际上，两者之间的间断面以上为新地层的沉积底面，间断面以下为下伏岩层的侵蚀面。前者被称为平行不整合面，后者被称为不平行或角度不整合面。整合面或不整合面上下的地层在所含化石、矿物成分、化学成分以及物理化学性质等方面可以有很大的差别。研究这些地层的差异，就出现了诸如岩性地层、生物地层、年代地层等沉积学研究方法。关于地层的分类也自然成为一个重要的问题。

由于丹麦学者斯蒂诺早早提出了地层学的三定律，斯蒂诺被人们称为地质学的最早的奠基人之一。自他以后，地球科学经过后来学者的努力，在实践和理论上不断发展科学的认识，为地层的分类积累了许多重要的材料和依据。见表2-1、2-2。

**表2-1 地层分类表之一(二分法)**

| 类型 | 适用范围 | 年代地层单位 | 地质单位 |
|---|---|---|---|
| 年代地层(时间地层)或生物地层 | 国际性的 | 宇界系统 | 宙代纪世 |
| | 区域性的 | 阶时带 | 期时 |
| 岩石地层(岩性地层) | 地方性的 | 群组段层 | |

表 2-2　地层分类表之二(三分法)

| 类型 | 年代地层单位 | 地质年代单位 |
| --- | --- | --- |
| 年代地层<br>(时间地层) | 宇界系统阶时带 | 宙代纪世期时 |
| 生物地层 | 生物地层带(包括组合带、延伸带、间隔带、顶峰带等) | |
| 岩石地层(岩性地层) | 群组段层 | |

一般地讲,目前在国际上多数意见趋向于将地层分为三个类型:以岩性特征作为主要划分依据的岩石地层;以化石作为划分依据的生物地层;以沉积形成的时间作为划分依据的时间地层或者年代地层。

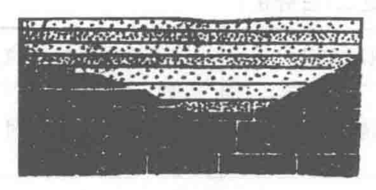
另外,还有一种意见,认为年代地层就是生物地层,由此出现了把地层分为两大类型的观点。

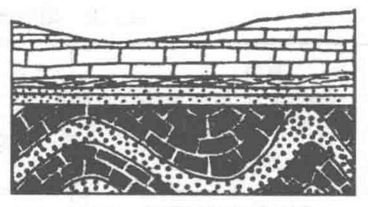
划分地层,主要有以下三方面的主要依据:

(1)依据沉积旋回划分地层。当地质工作者搜集到一个地区的地质资料,准备对这个地区的地层进行划分时,首先要建立一个标准剖面。这个标准剖面要具备一个沉积旋回的条件。譬如:如果是海相地层,其岩相就应表现出由粗到细,又由细到粗的重复变化,这样的变化就称为一个沉积旋回,它应表现一套完整的海侵地层和海退地层的变化过程。

(2)依据岩性变化来划分地层。在地质时期的地壳运动过程中,在一定的程度上岩性的变化反映了沉积环境的变化情况。因此,依据岩性的不同,把地层分为若干不同的单位,基本上可以代表地壳发展的阶段。比如:在一个地层剖面中,存在两种沉积,其上部是火山碎屑岩,其下部为含砂页岩煤层。这样两种不同的沉积,表现着两个不同的沉积环境和时代,下部表现的是还原环境和成煤时代,上部则反映着地壳运动强烈和火山活动时代。根据岩性的不同就可以把地层分为两个单位,代表两个发展阶段。

(3)依据岩层的接触关系划分地层。在地壳运动过程中,沉积有时出现不连续的情况,如地壳在下沉时发生沉积,地壳上升会产生剥蚀。地壳下沉时期,表现为沉积连续;地壳上升时期,表现为沉积间断。这种变化就会造成沉积的中断,形成时代不相连续的岩层重叠在一起,两者的接合面(即间断面),就是所谓的不整合接触。任何类型的不整合(平行不整合和角度不整合)都代表岩质的不连续状态,由此可以反映出当时古地理环境的变化。见图 2-6、2-7。


图 2-6　角度不整合剖面图


图 2-7　平行不整合剖面图

(4)依据生物化石来划分地层。在生物演变过程中,是由简单向复杂变化,由低级向高级发展的。同时,在生命的循环过程中,又表现为周期性的生与灭的循环,也就是说,生物的演化是在不停地发生着和消灭着,而各门类生物的发展,又有着阶段性和不连续性。生物的每一个属种在地质历史上的存在只有一次(当然,时期有长短),因此,不同的地质时期都有生物的生存,不管是由于生物演化本身发生的消亡和灭绝,还是由于外界原因,如地壳运动等环境造成的消亡,它们在灭绝后将不再重复出现。这些消亡的生物遗迹分布于不同的地层沉积环境中。因此,不同时代的地层所含生物化石就会有所不同,这就意味着地层时代愈久远,其所含的生物化石将愈原始、愈低级;地层时代愈新,其所含生物化石将愈先进、愈高级。这个规律具有不可逆转的性质。因此,以生物化石来划分地层是一个科学的依据。

划分地层的目的不仅仅是地层简单地分为若干类型,而是通过地层的分类来确定其形成的时间和年代。根据岩性、化石等特征,把不同地区的地层单位作层位上的比较,来确定哪些地层单位在层位上是相当的,在时间上是比较接近的,这样的工作称为地层的对比。只有经过地层对比的研究,确定在不同的地区有哪些地层是在同一时代形成的,科学家们才可以据此来认识这一时代具体的地层情况,从而建立起地质时代的概念。只有通过对同一时代在各个不同地区形成的不同地层进行研究和比较,科学家们才能具体地认识地层的区域性特征,从而建立地层的空间分异的概念。这才是地层划分和地层对比的目的所在。

# 二、近代地质科学



## 岩石成因的水火之争

在科学的地质学形成和发展过程中，在18、19世纪之交出现了一次激烈的争论，争论的焦点是地壳中岩石的成因问题，同时也涉及到地层的层序问题。以德国矿物学家韦尔纳为代表，认为地壳上的岩石是由于水的作用形成的，从而引出这次争论的"水成论"学派；以英国地质学家赫顿为代表，认为地壳上的岩层都是由于火山作用形成的，从而引出了与"水成论"观点相左的"火成论"学派。这两个学派是地球科学发展史上出现最早的对立学派。

关于岩石的成因，我们不得不谈到"均夷作用"的概念。在岩石圈表面，由于地球的内力和外力的作用，那些高山被不断地削平，而使低地得到不断的填充，这就是所谓的削高填低的均夷作用。有人曾按这种均夷作用的速率做过计算，我们生活的这个地球大陆表面，少则几百万年，多则几千万年，将通过均夷作用，而被彻底夷平。然而，经过了几十亿年，均夷作用依然存在，但地球表面，仍然有高山和深渊。这是为什么呢？实际上，均夷作用同"水成论"与"火成论"之间的争论是无关的。那么，是什么样的地质作用保持了岩石圈崎岖不平的状态呢？这就是"水成论"与"火成论"之争出现的原因。

水成论的代表人物是韦尔纳。见图2-8。他是德国地质学家、矿物学家。韦尔纳在父亲影响下，很小的时候就跟随父亲区别岩石，辨认矿物，使他对采矿产生了浓厚的兴趣。在父亲的影响下，韦尔纳通过观察和阅读相关的书籍，认识了不少矿物。1769年，他进入弗莱堡矿业学校学习采矿和冶炼，1771年，又进入了莱比锡来普兹格大学学习法律、文学，同时还学习矿物学。



图2-8 德国矿物学家韦尔纳

他喜欢野外旅行，并搜集了大量矿物标本。1774 年，他编写了一本有关矿物的小册子《矿物和外部特征》，对矿物外部特征的描述，层次清晰，语言简练，并于同年出版。从 1775 年开始，韦尔纳任弗莱堡矿业学校教授，一直到他退休，长达 40 年。在韦尔纳的辛勤努力下，培养了大批地质学家，弗莱堡矿业学校成为欧洲著名的学府和韦尔纳学派的发祥地。

一个学派和学说的产生，并不是凭空出现的。水成论学说也是如此，早在丹麦学者斯蒂诺的著述中和苏黎世学者肖茜尔在论述化石成因时，都提出过洪水论，英国地质学家，伦敦格雷山姆学院教授伍德沃德曾把洪水论总结归纳为“洪积论”。而水成论的提出和水成论的代表人物由韦尔纳来充当，这也是有原因的。

“洪水论”和“洪积论”可以说是水成论的前驱，但不能代表水成论。因为洪积论是用主观臆测去寻求地球形成的起源及其演化过程，而水成论虽然也存在臆测的成分和荒谬的因素，但韦尔纳是根据自己多年的实际观察综合了许多实际资料，在此基础上做出的推断，是对地球进行直接、实际的研究之后推演出的一种假说，可以说是地质科学发展史上第一次的历史综合的理论概括。韦尔纳作为水成论的代表和鼻祖是当之无愧的。

1787 年，韦尔纳发表了一部仅有 20 页的著作《岩石分类》，第一次根据矿物外表的形态特征，对矿物岩石进行了分类。他的分类是以撒克逊地区的地层为标准的，其分类结果是这样表现的（由老到新）：

原生岩：包括花岗岩、片麻岩、云母板岩、蛇绿岩、玄武岩、斑岩、正长岩。

过渡岩：包括硬砂岩、砂质板岩、灰岩。

盖层岩：包括砂岩、灰岩、石膏、岩盐、煤。

冲击岩：包括现代粉砂、黏土、沙、砾石、泥炭。

韦尔纳认为地球在过去，也就是地球形成的初期，地表全部被原始的海洋所包围，它的深度可与山岳的高度相比，溶解在其中的矿物质通过化学作用而结晶、沉淀，逐渐形成岩层。首先形成的是完全没有化石的花岗岩；然后是只有少量化石的板岩、石英岩；后来是含有大量化石的石灰岩和煤；最后形成的是沙石和黏土。韦尔纳认为地壳的内部是没有任何运动的，阿尔卑斯山是原始的地球所固有的，大水退却后才露出水面。

通过推论，韦尔纳将地壳按上述的层序进行排列，并认为这个层序将适用于全球，称之为“万有建造”。最后，他提出了自己的水成论“地球学说”，认为地球是一个静止的僵硬的球体，最初是被原始海洋所包围，由于有一个比地球还要大的天体物质与地球擦边而过时，其引力吸去了地球表面上大部分水导致了地球大洋的水面下降。这种过程曾多次出现，由此大洋水面一再地下降，最终出现了使水

下的高地逐渐露出水面而形成了现在的陆地。

韦尔纳不仅是一位地质学家，而且是一位出色的教育家，毕生致力于教学和学术研究，终生未娶。他非常善于表达，有很强的逻辑思维能力，他的演讲很受欢迎，吸引了世界各地的学生和学者，因此，韦尔纳的水成论地球形成说一度在欧洲地质学界占据统治地位。



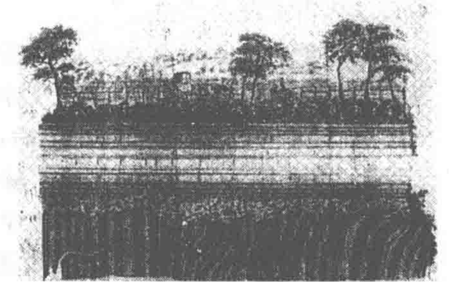
图 2-9　英国地质学家赫顿

火成论的代表是英国地质学家赫顿。见图 2-9。赫顿生于苏格兰的爱丁堡，他的父亲是当地的一位商人，家境宽裕，在他的父亲去世之后，他很长时间靠父亲留下的遗产过着绅士的生活。赫顿成年后曾先后就读于爱丁堡大学、法国的巴黎大学和荷兰的莱顿大学，他学过化学和药物学，也受过医学和法学教育，1748 年获得了莱顿大学医学博士学位。此后的近 20 年时间中，他从事过医学和律师工作。旅游是赫顿的爱好，他曾用很长的时间漫游于欧洲的名山大川，同时对农业也很感兴趣，他曾在诺弗福克务农，研究过土壤的成因，正是在这个时期，赫顿对地质学产生了兴趣。他曾用近 14 年的时间，博览有关地球自然史的书籍，自学了矿物学和地质学。1768 年，他定居在爱丁堡，这时的赫顿已经成为当时科学界和文学界的知名人士。在他的寓所中，蒸汽机的发明者瓦特、碳酸的发现者布莱克等是他的座上客。1783 年，赫顿成为爱丁堡皇家学会会员。赫顿是一位勤于思考、意志力坚强的学者，他经过自己的努力和探索，提出了火成论地球形成说，但在他生前，他的观点并未得到人们的承认。

在洪积论出现的时候，就有不少学者像莱布尼茨、胡克等人就对此提出异议，其中以意大利威尼斯修道院院长 A. 莫罗为代表，他通过对意大利火山现象的观察，提出了地球内部热力作用形成地质事件的理论，认为洪水在地质形成中的作用是次要的。但是，由于洪积论在当时客观上迎合了宗教的传统观念，从而占据了统治地位，而与此对立的火成论思想自然就受到压抑。赫顿在 1788 年，他已 60 多岁时在爱丁堡皇家学会上宣读了他的论文《地球理论》，观点鲜明地提出了火成论地球形成学说。

赫顿曾在苏格兰、英格兰等地发现和考察了许多花岗岩、斑岩、玄武岩，看到了这些岩石很多都以岩墙或岩枝的形式契入围岩之中，并有受热后变质的性状。由此，他推论这些岩石是熔融岩浆冷却后的产物，推论这些岩体是“地下火山”的组成部分。所谓的地下火山就是原始的熔融物质沿着脉岩的裂缝侵入其中的动

力。由此，赫顿把从地下火源中升起的大量熔岩喷发出的火山归为“地下火”。他以此设想山脉是由于地下大量岩浆上涌推起的，是炽热的岩浆充满了地球内部，而地球具有无限的能量，他把这种作用非常形象生动地比做瓦特的蒸汽机。当山脉被推起之后，使地球的表面呈现出崎岖不平的自然状态，由此他提出，地壳的垂直运动是地球上发生各种作用的主要原因。


图 2-10　英国杰德堡不整合

赫顿还指出，地壳流水长期的缓慢的剥蚀作用，可以将高峻的山地夷平，当夷平面下沉到水面以下时，就又出现了新的沉积，他为此举例，认为他在英国杰德堡发现的地层不整合就是这样形成的。见图 2-10。另一组岩石被侵入体扭曲以后，又被大气或海洋的破坏力所毁坏，由此出现了地层的不整合。每一次“不整合”就标志着一次“骤变”的发生，这种骤变不是一次而是多次，这种连续骤变的证据可以从地质柱状剖面中找到。由此，他论证地球是一个永恒存在的星球，地球从开始到现在，不是连续均一变化的，而是由不明显的沉积时期与激烈隆起或称为“剧变”时期交替出现的。地球的形成过程没有起点，是以进化的方式不断地改造着变化着。

由此，赫顿的“火成论”地球学说出现了。

火成论的发祥地是在苏格兰的爱丁堡，赫顿是爱丁堡学派的创始人。但不幸的是，当赫顿的火成论地球形成学说出现时，遭到了水成论学派的激烈反对。1785—1788 年，赫顿为了寻找更充分的证据，在 60 岁高龄的时候，专程到野外进行实地的考察。考察的结果令他十分兴奋，他以大量的实际材料，坚持自己的观点，再一次充分论证了花岗岩是火成的，属于火成岩类，而不像水成论学派坚持的是水成岩，他还论证了变质岩是地壳运动的结果。1795 年，赫顿在皇家学会上把观察的事实材料和论点经再次整理后作了学术报告，但仍然没有得到应有的承认。

赫顿在 1797 年逝世。他的好友爱丁堡大学的数学教授普莱弗尔对赫顿的观点非常支持，并对其理论非常理解，所以，在赫顿死后的第 5 年，也就是 1802 年，普莱弗尔把赫顿的著作经过理解、消化后整理撰写成《关于赫顿地球理论的说明》一书出版。该书对赫顿的演说阐述清晰简明，文字优美，推动了赫顿学说的发展。

“水火之争”曾经持续了 40 年之久。论战的结果是以“水成论”的失败而告终。应该承认，赫顿的火成论地球形成说在早期不被人们接受，一个非常重要的原因是他的观点是以无神论为指导的，而水成论在客观上则适应了当时的学术界

被神学和宗教统治的客观现实，火成论遭到压制，就是很自然的事情了。譬如说，在1807年成立的伦敦地质学会，全部会员共有13人，而这13人都是水成论的支持者，1808年该学会又发展了4名会员，然而在17名会员中，只有一名叫做麦卡洛克的会员支持赫顿学说。

赫顿的学说后来被霍尔的实验地质学所论证。

科学的历史是人类发展史的一部分，然而科学的发展史表明了在进化的实践中，更富有复杂的过程。赫顿学派和韦尔纳学派的论争，曾达到非常激烈的程度，在论战之初还具有论争的意味，然而到后来，随着观点的对立和双方情绪的激动，发展到了喧闹以致谩骂，从而为学术论争留下了一个不大光彩的笑话。应该说，“水火之争”是科学地质学产生和发展过程中，最早出现的两个对立学派，他们的论争是史无前例的，是没有什么历史的经验可以借鉴的。然而这次论争却为后人提供了借鉴，这是科学发展过程中必然要出现的情况。没有矛盾就没有变化，就没有发展，科学也是如此。

## 实验地质学家霍尔

18—19世纪，地球科学出现了早期繁荣的局面，学术论争促进了地质科学走向初步的成熟。随着人们对地球的认识不断加深，科学意义上的地质学正在冲破旧观念的束缚而显露出科学的曙光。

水火之争，在学术上是关于地球形成学说的争论，在意识形态中则是科学与神学、宗教势力的较量。地球科学是一门严谨的科学体系，它不仅需要理论的指导，更需要实验的验证。霍尔就是实验地质学的奠基人。

霍尔爵士生于英国东洛锡安，是英国著名的物理学家、实验地质学家、化学家，早年在英国剑桥基督教学院受教育。霍尔是一位治学严谨的科学家，起初，他是水成论的支持者，是反对赫顿的火成论观点的。在很长的一段时间内，霍尔仔细观察了阿尔卑斯和意大利西西里地区的地质现象，在实地观察后，经过认真的思考，他的学术观点发生了改变，转而向火成论观点靠近。

霍尔与赫顿很早就是朋友，学术观点上的分歧并没有影响他们之间的友谊。霍尔认为科学事业是非常崇高的，来不得半点虚假，对于学术上的某种假说或者理论，只有通过长期的、反复的论证才能得到验证。因此，当赫顿的理论遭到攻击时，他伸出了友谊的双手，以他自己长期的、艰苦的实验结果支持了赫顿的观点。当结束了长达三年的水火之争的学术论争后，霍尔就试图用实验方法得到的结果来检验赫顿的理论。他把自己的想法告诉赫顿，但是赫顿认为，地质作用在自然形成的过程中尺度太大了，无论从时间还是从其他的方面来说都是如此，而实验

手段则完全不能与之相比，所以，不会有什么结果的。霍尔对于赫顿的提醒，只是报以会心的一笑，因为他下定决心去做的事情是不会轻易放弃的。

1790年，霍尔在玻璃厂中做一种试验，在一位工人的帮助下将一块绿色玻璃高温熔化后冷却，他意外地发现原来的绿色不见了，出现的却是一块白色不透明的结晶质体。霍尔不相信自己的观察，再将这块结晶质体重新熔化，然后将其迅速冷却，结果原来的绿色重又出现，再次变为绿玻璃了。霍尔将这个试验重复了多次，其结果是一样的。他把这个情况告知了赫顿，很出赫顿的意料。因为赫顿原来以为玻璃和结晶体是两种成分完全不同的物质，但霍尔的试验证明了他的考虑是错的。这无疑增加了霍尔的信心。

然而赫顿没有看到霍尔最终的实验结果。1797年，赫顿逝世了。

赫顿逝世后，霍尔并没有停止他的实验。他把从爱丁堡郊区取来的暗色岩石在实验室中进行熔化，而后将其迅速冷却，实验的结果是岩石变成了玻璃，然后他又做了缓慢冷却的实验，结果，他得到的是与玻璃完全不同的一种物质，这种物质在结构上与暗色岩相同。霍尔非常兴奋，经过实验，他有充分的理由可以断定暗色岩石是熔融的岩浆缓慢冷却后的产物，从而初步揭示了岩浆岩的成因机制。见图2-11。




图2-11　霍尔验证赫顿火成论实验

实验的成功，霍尔从中又得到了另一个启发，他联想到1875年他在威苏维埃特纳和黎波里等地看到的“直立熔岩”，其成因也是一样的。熔岩不是从上面的原始大洋贯入的，而是从下边侵入的。这就是赫顿所说的“岩墙”，是连结地下熔岩与地表火山口的纽带。为了进一步证明自己的推断，霍尔对威苏维埃特纳的岩石标本做了同样的实验，其结果完全一致，实验验证了他的推断。紧接着，霍尔又非常仔细地观察了实地的岩墙及其围岩的变化情况，他发现，岩墙中央的岩石是结晶结构，而接触带则为玻璃结构。对比实验，他果断地做出了正确的解释：从岩墙及其围岩的形成过程看，岩墙边缘冷却的速度快，但其中央冷却的速度比边缘要慢，从而形成了不同的岩石结构。1798年，霍尔将他的实验结果写成论文《关于暗色岩和熔岩的实验》发表，引起学术界的高度重视和评价。

霍尔的实验目的是验证赫顿的火成论理论，在关于暗色岩的实验之后，他又花了六七年的时间，反复实验来检验赫顿关于岩石中挥发成分在低压下加热挥

发，在高压下加热保留的论断。他制作了精巧的密封筒作为实验工具，用这个密封筒做了 500 次以上的实验，终于得出了结论。实验表明，在高压下，碳酸钙没有损失碳酸根，白垩变成了类似大理岩的东西，从而证实了赫顿的论断。霍尔推断，地下的火成岩接触带附近的灰岩将变成大理岩。1805 年，在爱丁堡皇家学会通报第 6 卷上，霍尔将他的实验结果写成论文《表面压力对改变热作用的影响的一系列实验的报告》发表。

在长期的实验中，霍尔用实验主义论证的方法，有力地支持了赫顿的学说，并且开创了近代地质学的研究实验方法，创造性地发展了实验地质学。

## 居维叶与莱伊尔的争论

在地球科学的发展过程中，人们在对自然界不断的探索过程里不断加深了对地球外在形态的了解，并逐渐加以认识上的提高，形成对地球演化过程中理论上的归纳和概括，因此，人们的认识也随之不断向前发展。自然界（包括人类生活的地球在内）本身有着自我演化、发展的规律，通俗地说称为自然规律。所以，按照唯物主义的观点，自然法则的存在是毋庸置疑的。科学的作用就是运用适合于自然规律的理论和科学的手段，揭示自然界形成的内在规律，由此达到利用自然、改造自然的目的。

水成论与火成论的论争在地球科学发展史中只是一页，但它的作用不容忽视。这场争论证明了进化论在地质学发展中的作用，同时也冲击了人类认识史上僵化的、唯心主义的不变论，诸如创世说、洪水说、僵硬的神学观念等等。这场论争不久，一场新的论争也已经酝酿完成了。这就是标志和反映了地质学逐步地走向了成熟，并朝着科学的纵深方向发展的灾变论与渐变论之争。

灾变（也称为激变）论的提出是以居维叶为代表的。一般地讲，居维叶认为在过去的地球历史中，曾发生过多次大的突然的大灾变，由于这些灾变的发生而导致地球上的生物消亡，当灾变过后，又重新出现了与过去的形态毫无联系的生物。也就是说，古今的地质应力是不同的，地质历史中的激变过程是现今的地质应力所不能完成的，从而引出了所谓“超自然”的概念，被人们称为非现实主义的灾变论者。灾变论的提出，并非居维叶的奇想，而是他在学术研究过程中，主要是通过对巴黎盆地的系统调查和研究中发现的事实而得出的结论。他的论点在他的《地球理论随笔》一书中表现出来。当然，对居维叶的灾变论，从他提出以后至今仍有不同的认识和争论，但从他所举出的例证和研究来归纳，可以有以下几个方面：

第一，居维叶认为，是全球性突发而又剧烈并且短暂的大的突变，改变了地球的外部特征，造成这种大变动的原因和能量，是居维叶那个时候人们的经历和知

识无法解释的(当时人们都理解为超自然力)。

第二,他认为地壳的形态和目前生物的分布状况,是发生在五六千年以前的一次突然出现的大变动造成的结果。

第三,他认为地球上生物的变化,是多次灾变反复出现造成的结果,随着灾变的重复出现,不断地创造出新的生物种属,而现在的生物不一定是已经灭绝了的种属的延续。

居维叶的灾变论在当时曾风靡一时,但也遭到了同时代的一些学者的反对和批评。在理论上给予居维叶的灾变论全面评论的是英国的地质学家莱伊尔。莱伊尔的理论是渐变论。

最初,莱伊尔也相信关于灾变论的认识,他在法国期间,曾同居维叶等人共同研究过巴黎盆地地层,以及建立第三纪地层的地层对比等问题。但是,当莱伊尔读过了赫顿、普莱弗尔和拉马克等人的著作之后,转变了认识。他非常推崇普莱弗尔的一段话:"在地球的一切变革过程中,自然法则是始终一致的,它的各种规律是惟一有制约一般运动能力的东西。河流和岩石,海洋和大陆,都经过各种变化,但是指导那些变化的规律以及它们所服从的法则始终是相同的。"在他的《地质学原理》一书的扉页上,莱伊尔引用了这段文字。莱伊尔用大量的事实,论证了地球运动的自然过程和地质应力的"古今一致性"和"将今论古"这一现实主义方法的有效性。他认为地球的变化是各种外应力长期而缓慢作用的结果。这种缓慢的地质作用古今相同,且具有它的一致性和均一性,而并非灾变论所认为的那样是突发的、短暂的。他认为要证明过去曾发生过的地质现象,应该在现在的自然界中寻找,从而建立起过去和现在的地质作用具有同一性的概念和"将今论古"这一现实主义的认识方法。

莱伊尔的渐变论所表现出来的地质思想具有理性的成分。他提出对于地球历史的所有地质证据的评价应当完全取决于是否符合我们所知道的永恒的自然规律,我们依据自然规律,对过去不同时代的事件和状况进行严格的归纳和类比,就能取得对地球体系有用的普遍原理的知识。莱伊尔正是运用这个方法,发展了这个原理,把地质学引向了一个新的阶段。他分析了非现实主义灾变论学者在方法论上的错误,认为由于灾变论学者过分地估计了地球历史上过去时间的长度,从而导致了"毫无关系的事件似乎同时存在,或者认为那些没有可能同时发生的偶然事件似乎是同时发生的"结果。他认为:"如果把几百万年误认为几千年,并且根据这类虚假的前提作逻辑推论,那么除了承认自然界曾经经历过一次彻底大革命之外,不可能达成其他结论"。莱伊尔以清晰的思辨形成了自己的理论,他的《地质学原理》也由此成为划时代的著作。恩格斯在《自然辨证法》一书中指出:

"莱伊尔破天荒第一次把理性带进了地质学中来,因为他以地球缓慢的变化的渐进作用代替了造物主的一时兴发所引起的突然的革命"。

从历史的观点来看灾变论与渐变论的论争,这场论争表现出的是地球科学在它的成长过程中,关于认识方法论上的分歧,是地质学进入科学时代的一个前奏。综观这场论争,其主要分歧有以下几个方面:

第一,灾变论学者设想地质年代只有几千年,而渐变论学者认为地质历史演变过程中,其各种变化是极为缓慢的,也是不容易察觉的,只有在漫长的地质年代演变中去觉察。

第二,灾变论学者不承认生物物种的亲缘关系,认为新种不是老种演化而来的。而渐变论学者莱伊尔则认为在非生物界存在缓慢的变化,但坚持物种不变论,只是后来接受了达尔文的劝说,接受了进化论观点,改变了物种不变的思想。

第三,灾变论学者居维叶仅以观察到的巴黎盆地的不整合来概括地球历史的全部,其认识过于偏激。渐变论学者莱伊尔则仅以陆地资料区概括地球永远处于缓慢的、同一的变化过程之中,也表现了认识上的不全面。

总之,这场论争是地球科学发展过程中的必然产物,其作用是推动了地球科学成为研究地球的演化历史及其规律的科学。

## 著名的学者居维叶

影响深远的灾变论与渐变论之争,推动地质学向着科学的方向迈进了关键性的一步,表现出地质学的发展被注入了真正的科学的内涵,更趋近于自然法则下对地球演变过程中的客观规律的认识。

居维叶作为灾变论学说的代表人物,他的理论虽然有客观唯心主义的结论,但他的思想和研究奠定了他在地球科学发展历史中的地位。



图 2-12　法国博物学家居维叶

乔治·居维叶 1769 年出生于法国阿尔萨斯的蒙特利尔城,是法国著名的动物学家、古生物学家,法国生物地层学的奠基人。见图 2-12。居维叶生活的时代,正处于法国大革命酝酿和爆发的时期,那是一个创造英雄、呼唤科学的时代。法国大革命的成功使新生的事物有了得以滋生的土壤,表现在地球科学领域上,法国在地质学、生物学等方面有了大的发展。居维叶幼年时代住在诺曼底,家境富有,受到良好的教育。他的记忆力非常好,自幼好学,12 岁时学习博物学,有极强的求知欲。居维叶 1784 年毕业于斯图加特的加罗林学院,毕业后在诺曼底做过多年的家庭教师。

在做家庭教师期间，他同时研究海洋生物学，给后来研究生物学打下了很好的基础。1792年，居维叶撰写了一篇题为《帽贝属软体动物的解剖学》的论文，得到了当时著名学者圣·希雷尔的好评，并邀请他到巴黎工作。在巴黎，居维叶先后在巴黎博物馆、法国国立自然博物馆工作。由于居维叶为人谦和，在学术研究中表现出与众不同的能力，在他27岁时(1796年)就当选为法国科学院的院士，先后任皇家植物园比较解剖学副教授，法兰西学院博物学教授。

居维叶是一位杰出的动物学家，他对科学的研究非常认真，同时非常重视亲身的体验，尤其注重资料的搜集和整理。1818年，当英国著名的地质学家莱伊尔(即后来渐变论的代表人物)还在牛津大学做学生时，就曾专程到巴黎参观居维叶的化石标本，因为居维叶在他的家中保存陈列了大量珍贵的古生物化石标本，受到许多学者赞羡。居维叶对科学最主要的贡献是比较解剖学和古生物学、动物分类的研究，他在古脊椎动物领域内的研究，使他成为古脊椎动物学的创始人。他的著作《地球理论随笔》于1813年出版。这本书是居维叶的学说理论和立论依据的重要注解，表现了他的地球理论的精要之点。在《地球理论随笔》一书的开场白中，他讲到："所有这些研究的最终目标，是探索地球的古老历史，这本身就是能够吸引有识之士注意的最新奇课题之一。如果他们对人类摇篮时期许多已经灭绝的种族、几乎湮没的遗迹还有兴趣考察的话，那么，无疑地，他们也会产生同样的兴趣，在掩蔽地球早期历史的黑暗之中，去搜寻早在所有种族存在之前即已发生的那些地球变革的遗迹。"居维叶的研究正是为了这一目标——力图以亲身的体验和观察来科学地认识地球与人类。

在古生物学的研究中，居维叶运用比较解剖学的方法，拟定了"生物肢体对比"原则，用以研究各类生物的不同构造，得出了动物各器官之间、器官构造和机能之间有着密切联系的结论，也就是所谓的"生物器官相关规律"，他所提出的"生物肢体对比"原则和"生物器官相关规律"，为比较解剖学奠定了理论基础。他在《地球理论随笔》一书中曾谈到："能使我们对各种生物的形态，细心地用比较解剖学的原理研究其一致性和差异性，可以根据生物体不同部分的器官的任何一碎片，准确地厘定每一种生物。因为每一个生物个体，都构成一个它自己特有的完整系统，……通过观察任意一块骨头本身来开始我们的研究，一个充分掌握器官结构规律的人，实际上可以重建骨骼所需动物的全身。"比较解剖学的理论是居维叶多年研究的结果。他在巴黎自然历史博物馆工作期间，利用各种方便，搜集四足动物的有关资料，经过15年的努力，在大量调查研究的基础上搜集了当时他认为四足动物的全部属和亚属的骨骼。在此研究中，获得了大量的成果，而比较解剖学正是他工作的结晶。

运用比较解剖学的方法，居维叶根据多年的观察，系统地运用考察所得的实际资料，阐述了化石与地层之间的关系。对巴黎盆地沉积环境的研究是他和布朗尼亚特共同合作进行的，巴黎盆地沉积层表现为覆盖在白垩纪之上的第三纪地层和冲击层。在不同的地层中，他发现了很多不同的动植物化石，经过仔细地对比研究这些化石，发现这些化石与近代的生物有相似性，同时他还发现，地层越深，年代越老，所含的动植物就越和现代存活的动植物种属不同，而有些种属显然是已经灭绝了。他根据生物演化系列确切地对第三纪地层进行了划分，进而确定了古生物形态和化石所在的地层的关系。他认识到，根据地层与化石的这种关系，可以确定岩层的相对地质年代。他的研究为地史学、地质年代学的建立奠定了理论基础。通过对巴黎盆地长期不懈的调查研究，他对各层所含化石性质，地质背景，层序等进行对比分析后，重建了巴黎盆地的地质发展历史，并画出了巴黎盆地海陆变迁图及河湖演变图，再造了巴黎盆地的白垩纪和第三纪古地理环境。见图 2-13。在这方面他发表了多篇论文，其中有《巴黎盆地附近的矿物志》(1808)、《巴黎盆地附近的地质》(1811)、《脊椎动物骨骼化石研究》(1812)等。正是由于居维叶的研究，建立了生物进化与地层层序的思想。他的这些发现和提出的见解及论断，为古生物学的研究、地质学的研究开辟了新的途径。他的工作已构成 19 世纪初叶的科学发现。


图 2-13　居维叶和布朗尼亚特的巴黎附近之地质图

灾变论的提出也是居维叶在占有大量实际材料的基础上进行的。他是一位善于观察和勤于实验的学者，讲求实际，尊重真实的资料。然而，由于他在理论阐述中论点不明确，对一些关键问题，采用了提问或模棱两可的态度，在客观表述中给他人一些不明确的概念，使人们误解为他的结论是超乎人们认识的，超越自然的论点，得出了与他自己研究发现的事实相违背的结论。这应当是居维叶理论的遗憾。

居维叶是一位博学的学者，而且是一位文学素养很高，同时又具备高度组织才能的人。他曾经担任法国国家科学院的常任秘书，在拿破仑一世时是皇家特别委员会委员和国家委员会委员，1814 年任教育委员会主席，1819 年担任路易十八的内务大臣，巴黎大学的校长。1831 年他被封为贵族，成为一名身居爵位的学者。由于居维叶长期身居要职，而且在学术界有着很高的声望，所以他在当时有

着生物界的“独裁者”和“学术界的拿破仑”之称。

居维叶具有代表性的、主要的著作有:《比较解剖学讲义》(1805)、《巴黎盆地附近的矿物志》(1808)、《巴黎盆地附近的地质》(1811)、《脊椎动物骨骼化石研究》(1812)、《地球理论随笔》(1813)、《动物界》(1817)、《论地球表面的突变》(1825)等。在他担任国家科学院常任秘书过程中,发表过《1789年自然科学历史发展的报告》及《关于科学研究成果的汇报》等,这些都为后人研究地史学和地质年代学提供了宝贵的史料。

## 近代地质学的奠基者——莱伊尔


图 2-14 英国地质学家莱伊尔

莱伊尔是英国著名的地质学家(图 2-14),1797 年出生于英国苏格兰法弗夏。他的父亲是一位动物学家,对昆虫很有研究,而且是当地的一位富豪。在这样的家庭之中,莱伊尔受到了良好的教育和学术气氛的熏陶,幼年时代他就是在家庭图书室和各类动植物标本中度过的,由此,他自幼对博物学产生了浓厚的兴趣。他的兴趣十分广泛,不仅对植物和昆虫感兴趣,对文学和自然科学也十分喜爱,尤其爱好旅游。莱伊尔聪明好学,记忆力也非常好,他 8 岁时学习英文,10 岁开始学习拉丁文,13 岁学习法文。1814 年他 17 岁时考入牛津大学,学习古典文学和数学。他的父亲希望他能够成为一名律师,为了满足父亲的愿望,他曾进入林肯法学院,专攻法律。然而律师最终没有成为他的职业。

莱伊尔性格豪放,兴趣广泛,尤其是对大自然的喜爱最终使他与地质科学结下了不解之缘。说来也巧,虽然他的父亲希望自己的儿子成为一名律师,但他没有想到,正是他那私人书斋中的一本藏书诱发了莱伊尔的最终兴趣。还是在莱伊尔读大学的时候,他偶尔找到了一本《地质学引论》,作者是贝克威尔。他对书中的描写着了迷,因为里面有奇特的岩石、矿物,尤其是关于地球的描写令他爱不释手。在大学里,他选修了地质学课程,主讲人是英国著名的地质学家巴克兰。同时,他还参加了大学中的地质学小组的野外考察和化石标本采集的活动。1818 年,在假期,他到法国、瑞典、意大利去旅行,穿越了阿尔卑斯山,沿途他仔细观察地层、峡谷、冰川,还有岩层褶曲等现象,并详加记录,搜集有关的标本。在巴黎时,他特意参观了居维叶的化石标本陈列。这一切,对地质学已经产生浓厚兴趣的莱伊尔来说,启发和影响是巨大的。1919 年,莱伊尔取得了学士学位,并成为伦敦地质学会和林奈学会的会员。然而在他父亲执意要求下,他不得不去研究法

律，只是由于眼疾，他才中止了法律的研究。1821 年，莱伊尔获得硕士学位后，到了爱丁堡聆听 R. 詹姆逊教授的地质学课程。

在 19 世纪 20 年代，欧洲地质学界正围绕水成论和火成论展开激烈的论战，莱伊尔以极大的兴趣分析和研究两派的观点，他非常欣赏英国科学家普雷菲尔写的《关于赫顿地球论的说明》这本书。该书对他后来的地质思想和理论的形成影响很大。1822 年，莱伊尔来到了文其尔海，考察那里的海退现象，并将他在家乡收集的地质资料综合运用，写出了第一篇论文《佛法尔郡的河流地质》，在伦敦地质学会上宣读，受到了人们的称赞。莱伊尔是一位诚实谦虚的学者，他虚心地向前辈和同行们学习，并以他的直率和热诚结识了许多当时著名的学者，其中就有著名的博物学家、法国知名学者居维叶。在法国期间，他曾与居维叶等人共同研究巴黎盆地地层，商讨关于建立划分第三纪地层的基础等问题。他与法国地质学的创始人普雷沃和德国自然地理科学的奠基人洪堡也是很好的朋友，在学术研究中他与洪堡成为知己，曾在一起讨论欧洲大陆和英国第三纪地层对比等问题。1824 年，他曾陪同普雷沃去英格兰和苏格兰进行地质考察。1826 年，莱伊尔当选为英国皇家学会会员。在和莱伊尔交往的学者之中，还有一位以从医为职业的古生物学者，名叫曼特尔。曼特尔对地质学非常酷爱，他搜集了大量的化石，为此还获得了沃拉斯顿奖。莱伊尔在和曼特尔的交往中，一同讨论从白垩纪到第三纪的地层及其所含化石，使莱伊尔对这段地层有了深刻的认识和理解。

在多年的实践和积累中，莱伊尔形成了自己对地球演化规律的认识和理论。从 1828 年开始，他着手进行《地质学原理》这本划时代著作的系统资料搜集、整理和编写工作。为了充实资料，他专程到法国、意大利的罗马和西西里一带做更为详尽的地质考察，在占有大量资料的基础上，《地质学原理》的第一卷于 1830 年正式出版。莱伊尔在书中提出的“将今论古”的比较地质学方法，以深刻的思想内涵和辩证的方法，给地质学研究带来了一股清凉的风，受到了人们极大的关注。《地质学原理》共三卷，这部巨著的出版，被学术界称为划时代的巨著，它标志着经典地质学的成熟。

在莱伊尔的学术研究过程中，他仔细观察了地球表面存在的特征和现象，认真研究和总结了前人的成果、论点和资料，他感觉到无论是水成论或是灾变论，大都和上帝创世论掺杂在一起，这些观点都存在着与实际情形不符的荒谬的成分。他觉得在水成论与火成论这场争论中，火成论学者赫顿的理论对自然界是有一个比较客观的认识的。他曾读过普雷菲尔的《关于赫顿地球论的说明》并和洪堡一起研究过火山活动问题等有关地质理论的问题。他承认达尔文的进化论观点，并接受了达尔文对他的劝告（在 1831—1937 年，两人交往甚密，学术观点互有影响，

达尔文的进化论观点影响着莱伊尔地球演化渐进思想和有机界演化的认识)。在吸纳前人思想认识的基础上,他综合整理出一个严整的地质学观念:现在不断发生着的自然作用完全可以说明过去的地质现象和地壳的变化,不是什么超自然的力量或巨大的突然灾变造成的,这些变化是最平常的,它们在长期的地质历史过程中缓慢地起着作用,改变着地表结构和地壳的构造。这种认识和理论就是莱伊尔综合概括后提出的地球发展历史的渐变论思想。通俗地说就是要想说明过去的地质现象,就应该在现存的自然想象中去寻找,因为过去和现在所存在的地质作用是统一的。这就是他建立起来的比较地质学的方法,人们一般称为“将今论古”的现实主义方法。正因如此,莱伊尔运用这个理论,利用这个方法,把地质学引向了一个新的阶段。

关于莱伊尔的渐变论思想,其形成也是有过程的,不是偶然的。过去很多人,如阿维森纳、比鲁尼、达·芬奇、巴力西、斯蒂诺、赫顿等,在与水成论的论争中,也就是关于地球历史演化的观点,提出过现在的地质结构是多种自然力量长期、缓慢作用的结果的认识。莱伊尔正是在这些人的认识的基础上,根据进化论的思想,通过系统的综合整理,形成了他的渐变论基本思想。

莱伊尔是一位杰出的地质学家。他的代表作《地质学原理》所表现出的思想,引起了地球科学史上的一次革命,是一部代表 19 世纪进化论地质学的总结性的作品,对地质学的发展产生了深远的影响。

然而,正像任何一件事物不可能是完整的、无瑕疵的一样,由于历史认识上的局限,他的理论也存在着弱点或缺陷,这是后人不能苛求于前人的。鉴于莱伊尔在学术研究上卓越的贡献,1858 年他荣获了英国皇家学会最高的克普莱奖章。1861 年他担任英国博物馆馆长,同年被选为法国科学院通讯院士,荣获普鲁士科学奖章。他在 1848 年时被授予爵位封号(准男爵)。1872 年,他已是 75 岁高龄的老人了,还到法国的南部考察地质,对自己的观点不断进行修订,表现出一位学者的治学精神。

1875 年莱伊尔去世,终年 78 岁。

# 三、不可忘记的地质学家

## 伍德沃德

严格地说，活跃在17世纪的学者伍德沃德是一位持有神学观念的地质学的爱好者，他的兴趣在古物的收藏。做为一名内科医生，任德沃德的爱好并非只是一种爱好而已，因为他对他的收藏进行了研究，正是这种兴趣和研究，使他踏入了地学的门槛，尽管他还是一位自然神学派学者。

伍德沃德1665年生于伦敦。他的家庭和早期教育情况，我们很难得知，只知道他曾任伦敦格雷山姆大学的教授，当时年仅27岁。他的主业是内科医生。但他有一个爱好，那就是化石的收集和收藏。毫无疑问，他收集了数量可观的化石，因为他收集的标本被存放在英国剑桥大学的古生物博物馆内，而且这些化石是以他的名字命名，并成为剑桥大学古生物博物馆的核心藏品。出于他的爱好和对所藏藏品的研究，伍德沃德成了英国洪积论的首创者，并于1693年当选为英国皇家学会会员。

伍德沃德收集的古生物化石，很自然是过去地质年代中生物遗体的遗存。当然，这种认识是现代学者最基本的常识。然而在伍德沃德那个年代，有很多学者并不是这样认为，而是把这些古生物的遗存看作是非生物的成因。当然，出于医学研究考虑，伍德沃德毫不犹豫地认为，这些已成为化石的东西是过去古生物的遗存，在这一点上他并没有坚持他的神学的观念。但是，这些过去的生物是如何进入到岩石中去的问题就摆在他的面前，他也试图对这一问题给出一个答案。经过研究和分析，他的答案是，之所以这些生物能够进入到岩石里面去，完全是由于过去存在的大洪水所造成的。他在1695年提出，在大洪水时期，所有的石头和矿物都失去了固体性质，紧接着，所有的生物都被冲到泥水混杂、令人惊叹的巨大的烂泥塘之中。当洪水过后，这些被冲进泥潭的东西由于密度的不同，而在不同成层的沉积层中沉积下来，生物的化石也被埋藏在其中。这就是伍德沃德所认为的洪积论。

在伍德沃德生活的那个时代，对于所谓化石成因的讨论已经存在，我们说伍德沃德的认识带有神学的观念，也不仅仅表现在他一个人的意识里。《圣经》上曾提到所谓的诺亚洪水，如果做为一个重大事件，诺亚洪水无疑是一次引起世界变化的重大事件。这就是所谓继亚当夏娃之后诺亚洪水使地球产生变化的事件。而这种情况的出现，完全是由于具有神的作用而形成的。这就是自然神学观念下的"上帝设计宇宙的论点"。持这种观念的有英国学者雷。雷曾在他的著作中提出："地球应该是这样做成的……主要有如此多的部分，如高山、平原、山谷、砂、卵石、石灰、石头、黏土、大理岩、陶土等等，它们是那样的使人快乐、舒适，同样地有利于各种动物、植物更方便地繁殖和生活。还有某些使人感慨万分的山脉、平原、山谷、水域、遮阳的地方、阳光普照的地方、黏土、砂粒、卵石等等。大地应该做成这样的形状，使得山脉位于陆地的中间，那里水源丰富，江河倾泻而下，为在低处的居民提供必须和方便的饮水；平原形成了，它要有如此合适的倾斜度以便于排水，也不使旅行和耕作变得困难或要花很大的气力。我所说的这些必要的东西是深思熟虑、智慧和设计的结果。"很显然，伍德沃德正是带着这种上帝设计宇宙的观点来讨论和推断他对事物的观察的。

伍德沃德认为大洪水使大地土崩瓦解，泥浆般的洪水上面漂浮着无机物，而生物也混杂在洪水中，等洪水过后，最重的物质，如金属、矿物、较重的动物骨骼沉积在最下的地层中，而其上的白垩层则沉积着较轻的海生动物，最上也是最高层的沙土和泥土就是人和高级植物的遗骸。伍德沃德非常看重化石的作用，他认为化石是洪水作用最可靠的历史见证。由此我们不难看到，伍德沃德的洪积论是被神学观念所笼罩的最早的水成论，而伍德沃德则是这种学说的提出者。

任德沃德根据地层的水平产状和化石的存在，推断化石是洪水的产物，更为可贵的是，他曾用牛顿力学的重力和浮力原理试图对这一论断进行解释。著名的地质学家莱伊尔曾一针见血地对伍德沃德的理论进行分析，认为伍德沃德对英国的地层做了深入的研究，也获得了丰富的资料，同时对地层层序的鉴定已经具有了科学的概念。但十分可惜和遗憾的是，伍德沃德为了迁就圣经的教义，得出了非常错误的结论。莱伊尔批评伍德沃德"按比重沉积"的说法是十分荒谬的。

伍德沃德的观点和认识，不因他的神学观念而对他是位地质学的理论家和地层学的先驱地位有所降低。为了尊重他在古生物学方面的成就和影响，1727 年在英国剑桥大学设有伍德沃德化石研究的讲座。伍德沃德的主要著作有：《地球自然历史论》(1695)、《全球天然物体观察简介》(1696)、《化石研究之路》(1728)、《英国化石博物馆研究尝试》(1728—1729)两卷本。

任德沃德逝世于 1728 年，终年 63 岁。

## 罗蒙诺索夫

在近代地质学的建立过程中，有很多地质学家和学者为此做了大量的工作，他们的贡献是奠基性的。现在我们再介绍一位俄国的学者，他的名字叫罗蒙诺索夫。有关罗蒙诺索夫的情况，在介绍欧洲和西方这一时期的科学家时，对罗蒙诺索夫提到的比较少，但在苏联和俄罗斯的地质学领域，罗蒙诺索夫的名字和贡献则是倍受重视的。的确，从罗蒙诺索夫生活的18世纪，以及他在地质学上所做的工作，罗蒙诺索夫是值得向大家介绍的。

罗蒙诺索夫的全名叫米哈依尔·瓦西里耶维奇·罗蒙诺索夫，1711年11月8日出生，是俄国著名的自然科学家、地质学家。见图2-15。据说他的父亲是在他出生的村子里做渔业和肉业的生意。他从10岁起跟随父亲在船上劳动，或许和他过早地从事航海生活的经历有关，他对周围的世界有了很丰富的知识。20岁时，罗蒙诺索夫来到莫斯科，进入了当时俄国唯一的一所高等学校——柴康诺斯巴斯修道院的斯拉夫—希腊一拉丁语学院。他在这里学习了斯拉夫语和希腊语，还学习了哲学和自然科学，俄国的编年史也是他学习的内容。由于他优异的学习成绩，1735年被学校保送进入了彼得堡大学深造。1736年，罗蒙诺索夫被选拔去德国学习采矿和冶金，1736年至1741年在马尔堡大学学习数学、物理和化学，1739年到当时德国的矿业中心一弗莱堡学习采矿。1741年，罗蒙诺索夫完成学业返回彼得堡，第二年便获得了科学院教授的职位。


图2-15　罗蒙诺索夫

罗蒙诺索夫在他的学术领域中勤奋地工作和研究，使他在近代地质学建立的过程中，在地质学研究和地质思想诸方面做出了贡献，特别是他在1763年发表的《论地层》和1757年发表的《论金属是由于地球震荡而产生的》两篇著作，被地质学界视为经典。

罗蒙诺索夫非常重视野外的实地考察，在多次参加野外考察队的活动中，他到了很多地方，如波希米亚山脉、哈茨山脉、萨克森、黑森等地。每到一地，他都仔细考察，搜集资料。他所搜集的大量资料，为他日后在地质学的研究中提出自己的地质理论提供了依据。

《论地层》这部著作是罗蒙诺索夫1742年完成的，但出版时间却是在1763年。或许写作完《论地层》这部著作后，他还在考虑要充实一些材料或一些论点尚待研究，于是他并没有急于发表此书，而是在1757年先发表了《论金属是由于地

球震荡而产生的》和1763年出版了《冶金学及矿业原理》一书，随后才发表了他的《论地层》一书。见图2-16。


ПЕРВЫЯ ОСНОВАНІЯ
МЕТАЛЛУРГІИ,
или
РУДНЫХЪ ДѢЛЪ.

ВЪ САНКТПЕТЕРБУРГѢ
печатаны при Императорской Академіи
Наукъ 1763 года.

图2-16　罗蒙诺索夫的《冶金学及矿业原理》(1763)

《论地层》一书共分5章，186节，编排顺序和现在的地质学教科书非常相近。第1章，自然地理，共35节，论述地球形状和大小，海陆的分布，各大洲的地形地貌，以及土质和岩石；第2章，人工露头，从矿山坑道观察地层剖面和层序。讨论地层中的动植物化石、古代文物、煤层、金属矿脉及矿脉成因，钟乳石的成因，成层的岩矿等；第3章，天然露头，共20节。包括内外因素的破坏作用，地震、火山与地震的关系等。在这一章里他特别提出了地壳剖面中岩石产状的变动，以此说明地震和火山作用的结果；第4章，共73节，根据内容分为3个部分：(1)运用数学、力学、冶金学、化学、几何学等学科的成果进行地质研究；(2)强调地质作用中内因的主导因素，如火山、地震和地壳的变动等；(3)矿物、岩石的成因，砂和土的成因，煤和石油的成因，金属矿的成因。第5章，17节，主要讨论找矿及找矿标志的问题。《论地层》一书，论据清晰，论述透彻，简明扼要，很明确地阐述了罗蒙诺索夫关于地壳运动、化石成因、海陆变迁、金属成矿作用和沉积矿产成因的认识，在他的论述中，我们可以看到他关于地球发展的思想和解释地球演化历史现实意义的观点。可以说，在罗蒙诺索夫看待地质历史演化的问题时，有意识地运用了地质现象与现代地质作用相比较的方法，也就是所谓的现实主义的方法。这比英国著名地质学家莱伊尔的认识要早近80年。毫无疑问，这带有进化论认识的地质思想，为科学的地学的诞生提供了理论的前提。

罗蒙诺索夫是一位勤奋的科学家。不仅如此，他还是一位教育家、哲学家。他曾在1748年创建了俄国第一个化学实验室，并在1755年创办了莫斯科大学。他用自己的勤奋和爱国主义的情操描绘了一位渔民的儿子成长为一名科学家的成功的轨迹。有人称他是“文艺复兴式的人物”，甚至有人把他比喻为“俄国科学史的彼得大帝”。而俄罗斯的伟大诗人普希金则评价他是一位思想永远走在自己时代前面的人。1986年11月19日，苏联为纪念罗蒙诺索夫，特意发行了一枚罗蒙诺索夫纪念币。1765年4月15日，罗蒙诺索夫去世，终年54岁。

## 盖塔尔

在经典地质学的形成和发展过程中，我们不能忽略那些以地质考察为目的的

旅行家和探险家，盖塔尔就是其中的一位，他被后人称为“地质调查之父”。

当哥伦布发现新大陆以后，为好奇心所使，在欧洲，探险和旅行成为当时一种颇为时兴的活动。参加这些活动的人，虽然目的各不相同，但是他们大多与地质科学中的地质调查活动无关。从18世纪中叶开始，地质旅行开始兴起，从事这项活动的人，基本都有两个显著的特点：第一，有明确的目的，那就是无论是旅行还是探险都是以地质考察为主要目的，有比较详尽的计划，因此，也经常有重要的发现和发明；第二，大多数的人士都是以个人活动为主，所以在他们的调查活动中，充满个人奋斗的色彩，由此而取得的成果更加令人赞叹。

盖塔尔1715年生于巴黎城郊的一个小镇埃当普。在他少年的时候就对人文地理很感兴趣，好发奇想，勤于动脑筋。长大后，在巴黎一所学校学习医学，同时，对大自然里的动植物、矿物还有其他自然界的自然现象非常感兴趣。毕业后曾从医。但大自然对他的吸引，使他把毕生的精力投入了科学事业，成为法国著名的博物学家、地质学家。他曾在法国各地旅行，沿途风餐露宿，搜集各类矿物标本，为他后来的工作打下了坚实的基础，他的行程长达7 680公里，被后人称为“地质调查之父”。盖塔尔一生写过200多篇论文，6大部科学著作。由于他在矿物分布、化石、地文和火山地质四个方面的重要发现，为近代地质学的诞生和发展做出了贡献，1734年他被选为巴黎科学院院士，成为法国巴黎科学院知名的学者。盖塔尔一生中重要的发现很多，其中以矿物分布和火山理论最为重要。

盖塔尔的地质旅行，目的是非常明确的。他的目的是要通过旅行，考察、搜集各种矿物标本，掌握矿物的分布，编制《矿物分布图》。为此，他走遍了大半个法国，每到一处，他都要对各类岩石进行详细的记录，对各种矿物进行分析，采集标本。他把自己考察的结果整理出来，报告给巴黎科学院。他认为，根据他的分析，矿物沉积是规则的，是按照条带状进行分布，并且有一定的走向和宽度。如果把这些考察的内容填在地图上，就可以知道矿产的地理分布情况，如果将各个局部的地质观察综合起来，再在标填好的矿物图上进行分析，就可以总结出对矿产分布规律性的认识。1746年，盖塔尔根据他在法国中部和北部进行地质调查后掌握的资料，出版了《矿物图志》。在《矿物图志》中，按照矿物的分布情况制成图，并根据他的构想，按照分带的原则，将其分布情况归纳为三个带：第一条带为“砂质带”，以沙砾岩为主；第二条带为“泥灰岩带”，以含贝类化石为主，分布于第一带的两侧；第三条带为“片岩或金属矿带”，含煤、沥青以及花岗岩等。由于法国和英国被英吉利海峡和多佛尔海峡所隔，盖塔尔根据在法国地图上标出的这三条带被海峡所阻断的情况，推断这三条岩带将在海峡对面的英格兰出现。后来，事实证明了他的推论。

1780 年，在巴黎科学院的赞助下，盖塔尔编制完成了包括冰岛、比利牛斯和地中海在内的《法兰西矿物图志》，并于同年发表。《法兰西矿物图志》共有 16 幅矿物图，并附有说明。在图上，盖塔尔着重表现矿物、岩石和化石的分布规律，表现其呈带状分布的特征。盖塔尔的工作是努力的，成果是显而易见的。他非常坦率地讲：只要你给我一张法国地图，我就能在上面标出地下的矿物建造。由此可见他对法国矿物分布的了解是多么的熟悉。然而，由于他对地层和构造缺乏清晰的概念，他的矿物图在科学性上不能与后来的地层图相比。但这不是他的主观愿望，这个解释是可以由不同的历史背景和地质科学发展程度来给予说明。

1752 年，盖塔尔来到法国奥弗涅地区。这个地区存在有很大的火山群。在一个类似火山锥的山坡上，盖塔尔看到了许多黑色的石头和细小的碎屑，还有红色的浮石以及海绵状的岩渣。他继续往前走，在一个类似火山口的深坑里找到了玻璃状石头。这新奇的一切，像磁石一样吸引着他，他仔细观察，流连忘返。当他走到多姆山时，发现了形态完整的火山锥和火山口，其中一个火山口的直径和深度竟达到了 100 米。盖塔尔将过去在维苏威火山区采到的岩石标本和奥弗涅火山区的标本加以比较，判断这里是一个死火山群。见图 2-17。由此，法国中部的古火山被他首先发现并确定了，他还首先提出了玄武岩与熔岩的区别，根据他的观察和分析，得出了他的火山理论。



图 2-17　法国奥佛涅区火山群

他的观察不能说不详细，他的发现也是很成功的，但是他的理论却是错误的。他虽然认为奥弗涅的岩石与维苏威火山熔岩很相似，但却把这两者看成是不同成因的产物。1756 年，他在一篇论文中指出："要产生火山，山岳内部要有足够的可燃物质，诸如燃油、煤或沥青。"他把在奥弗涅地区观察到的黑色的石头误认为是沥青，仅这一点就导致了他判断上的错误。实际上，根据他的观察，是完全有可能看出黑石头是火山喷发的产物，如果是这样，他的判断才应该是正确的。然而恰恰由于他把黑石头误认为是沥青这一点，使他得出了相反的结论。1770 年，盖塔尔发表了《论古今玄武岩》的论文，其中写道："如果柱状玄武岩能够由火山岩产生，那么为什么我们在维苏威和其他现代喷发的活火山中没有找到它？"他的结论是："玄武岩是一种玻璃质的岩石变种，它是在液态流体中结晶而成，没有理由认为它是火山熔蚀作用而成的。"由于盖塔尔观察后得出的结论，导致了一个非常有趣的情况出现，这就是盖塔尔成为后来出现的水成论与火成论两个对立学派争论的导火索，为后来的两派之争埋下了伏笔。因为，对于火成论的影响表现在由于

他对奥弗涅火山区观察获得的材料和分析，成为火成论直接的思想来源；对于水成论的影响，在于他所主张的水是地质现象的主要成因，导致他对玄武岩的成因做出了错误的判断和推论，为后来韦尔纳的水成论提供了材料。

1786 年盖塔尔逝世。在巴黎科学院致的悼词中，对他一生的科学活动做了评价：盖塔尔精于观察，富于调查能力，在一定领域内做了开辟性工作，但他不善于理论思维和推论。他精细的工作，结束了以前哲学家认识地球的猜测阶段。这个评价应该说是公正的。

## 布丰

我们不否认在近代地质学建立过程的准备期中，存在着各种不同观点及观念的认识，譬如我们现在要谈到的布丰就是其中之一，因为有些学者对将布丰放入地质学家的行列持有不同的认识。

布丰是一位德国博物学家，1707 年生于法国蒙巴尔城的一个律师家庭，原名乔治·路易·勒克莱克，由于继承的关系，后改为布丰。见图 2-18。布丰最初在里昂学习法律、医学，1730 年，布丰认识了一位年轻的英国公爵，俩人相见如初，一起游历了法国、瑞士和意大利。更为重要的是，布丰在这位公爵的家庭教师，一个德国学者的影响下，开始认真研究自然科学。1733 年，布丰进入德国科学院，在此期间，他翻译了英国学者有关植物学的著作，也曾发表过有关森林学方面的文章，后来才投身于地质学。据说，布丰曾依靠自己的聪明才智向林业和武器制造业投资而发了财，但这不影响他以一个精力充沛、杰出的博物学家的头脑涉足自然科学的领域。布丰的地质思想受到了莱布尼茨的影响，他曾经对巴涅特、伍德沃德的地球理论提出过尖锐的批评。布丰在1739 年当选为皇家科学院院士，同年受命担任重要的皇家植物园园长的职务，为此，他用毕生的精力来经营皇家的花园。布丰以他在博物方面的成就和影响而知名，后来又当选为英国皇家学会会员及德国、俄国科学院院士。



图 2-18　法国自然科学家布丰

布丰的代表作为 1749 年开始出版的《自然史》(1749 年出版第一卷《地球论》)，这部著名的书籍全书有数千页之多，分为 44 卷，是一部观点鲜明，内容浩繁的著作。布丰通过这部书创造性地把博物志与自然史融在一起，明确地把宗教与自然哲学区分开，并明确地提出要了解自然界，只有到自然界的内部去寻找自然现象的原因，才是自然科学研究的途径。他的观点用在理论上与《圣经》的教义相

违背，所以，他的观点曾在1751年遭到巴黎大学神学会的警告，要求他放弃关于对自然的认识及其关于地球理论的认识。

《自然史》这部著作有3卷引言，12卷讨论哺乳动物，9卷论述鸟类，5卷论述矿物，还有6卷补遗。布丰在《自然史》第1卷中专门讨论了地球，对他的地球理论做了详细的阐述。他认为地球起源于由于彗星撞击而形成的天体碎片，而后海洋造成了海底的山脉和山谷。这显然是“水成论”的观点。他把地球的形成归结为：在地球冷却过程中，最初会出现所谓的包体物质，从而形成了原始的山系，各种矿物就在这些山系中形成。再进一步冷却就出现了水覆盖大陆的情况，表明原始海洋的形成，并出现了生物。生物化石就被埋藏在石灰岩和堆积岩里面，陆地上的水是植物生长的条件，海底的无机物质也因此而生成。他认为，所有这些变化都是由于自然因素决定的，包括新大陆的生成等等。

1779年，布丰又发表了《自然的形态》一书，对他提出的地球生成理论加以解释，试图对整个自然史，从地球形成到动植物种的形成及演化做出系统的解释。综合布丰的长期研究而形成的地球演化理论，我们可以看到这样的一种过程。

第一阶段，地球由太阳与彗星碰撞而成，地球是一个绕轴自转的扁球体，在炽热的熔融状态下持续了2900多年。

第二阶段，地球表面逐渐冷却凝固成壳层，这个阶段持续了大约35000年。

第三阶段，大气中的水分冷凝成水，形成原始的海洋，进而出现了生命及海相的沉积物，再经过一段时期慢慢出现了大陆与山脉。这个时期持续了大约15000年至20000年的时间。

第四阶段，地球内部的内热突然增加，造成火山喷发和地壳激烈的震动，这一时期约维持了5000年。

第五阶段，经历了剧烈的震荡之后，地球慢慢恢复了平静，而地球的赤道非常炽热，生命在两极繁衍，地球进一步冷却后，动植物便向赤道方面逐步扩展。

第六阶段，这一时期，海洋有较大的变化，已经存在的北方大陆被破坏，正是在这时，人类出现了。

第七阶段，这是一个人类主宰地球的时期。这种情况要等到地球的温度降低到适合人类生存的25倍以下时就会改变，到那时地球上的一切生命将会消失。

布丰的地球演化理论是非常大胆而自圆其说的。对他的理论，他曾经做过实验，通过测定铁球从灼热到冷却的时间，推算出地球由灼热到冷却到适宜人类生存的温度的时间为74800年。应该说布丰是第一个从地质观点描绘地球史的人。他的理论，即有火成，又有水成的成分。因此，他的学说被后来的许多学派加以利

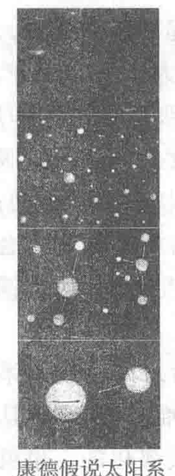
用和发挥。因此,我们说,布丰关于生物物种是随着环境的适应而变化的观点,为19世纪进化论的发展奠定了理论基础。

恩格斯对布丰的理论做过评价,指出"由于地球形状的判明和人们无数次的旅行(旅行这种活动只是到了这个时候,才开始为科学服务),地理学被提高到科学水平,同样,自然历史也被布丰和林奈提高到科学水平,甚至地质学也开始从它过去所陷入的荒诞假说的深渊中逐渐挣脱出来。"布丰的历史功绩和作用,通过恩格斯的评价我们可以想见得到。

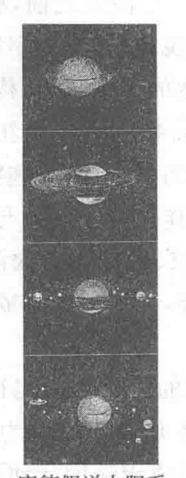
1788 年布丰去世,享年 81 岁。

## 康德和拉普拉斯

康德是德国人,拉普拉斯是法国人,把他们放在一起加以介绍,主要是因为他们所提出的关于天体演化的假说——星云假说。见图 2-19、2-20。

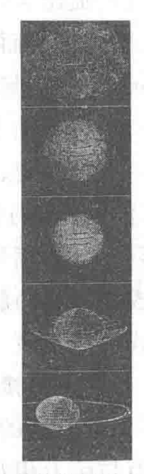


康德假说太阳系形成过程示意图

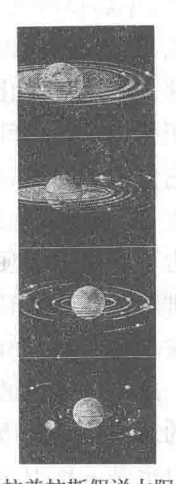


康德假说太阳系形成过程示意图

图 2-19　康德星云假说



拉普拉斯假说太阳系形成过程示意图



拉普拉斯假说太阳系形成过程示意图

图 2-20　拉普拉斯星云假说

康德是德国著名的哲学家,1724 年 4 月 22 日出生于德国东普鲁士的科尼斯堡。他的父亲是一位鞍匠,家境贫寒。他父母是十分信仰新教的教徒,因此,康德也受到了很大的影响,直至他到了适龄上小学的时候,学校的教育才改变了他来自于父母给他灌输的、信仰宗教的影响。1740 年,康德进入了科尼斯堡大学,由于贫穷所迫,他没能进行硕士论文的答辩,直至 1748 年,24 岁的时候他才大学毕业。大学毕业后他到家乡附近的城镇去做家庭教师。1755 年,康德在科尼斯堡大学任无俸(没有报酬)讲师。据说,康德讲课很有号召力,有很多学生慕名前来

听他的课，为此，他也沉湎于这种教学之中。在此期间，曾有其他大学对他发出教授聘书的邀请，他都以身体状况不适为由而推脱了。因为，他不愿意离开他的家乡。直至 1770 年，他终于获得科尼斯堡大学的教授一职，那一年他已 46 岁。康德除了做家庭教师那段时间之外，从未离开过科尼斯堡。1804 年 2 月 12 日，康德在他的家乡科尼斯堡去世，时年 60 岁。

1755 年，在德国出现了一篇名为“自然通史及论或依据牛顿定律试论整个宇宙的结构和力学成因”的没有注明作者的文章。这位作者就是还在做家庭教师的康德。康德的学术研究以 1770 年为一个界限，在此之前，他以研究自然科学为主，后一段则以他的实践及理论哲学的研究为主。康德有影响力的主要著作就是《自然通史及天体论》，他在这部著作中提出天体演化的星云假说。在此之前的 1754 年，他还发表了《地球理论》，这是在讨论大洋潮汐理论的基础上，提出地球自转是由于潮汐摩擦作用下而减慢的结果。这种观点后来在他的《自然通史及天体论》中加以说明。在康德提出天体演化的星云假说之前，就已经有了德国学者毕尤奉提出的所谓太阳系是灾变而形成的假说，可称其为宇宙起源的灾变说。而康德关于天体演化的星云假说则与之不同，他的理论认为：构成太阳系的成分，是源于弥漫宇宙空间的星云物质，由于这些星云物质微粒相互的吸引和排斥作用，使它们极不稳定，处于一种不稳定、易变的平衡状态中，那些密度大的微粒其吸力也大，会聚集成为团块，但同时由于排斥力的作用又使微粒与团块做旋转运动；当引力不断增强时便会形成太阳，而周围的微粒、团块在向太阳的中心坠落时会受到排斥而产生偏转，形成扁圆状的旋转星云环，而后再聚集成行星，而行星周围的微粒，则按照同样的方式形成卫星。

康德所提出的星云假说是他接受了牛顿的万有引力定律后来讨论太阳系形成的观点。然而康德与牛顿不同的是，康德不认为万有引力是唯一的力，他认为斥力也是一种力，是引力与斥力相互作用而形成天体的运动及其演化的。也就是说，康德认为太阳系演化的原因，在于其自身固有的引力与斥力的矛盾运动的结果。正是因为，也只是因为这一点，恩格斯提出：正是康德在近代自然科学史上第一个打开了形而上学自然观的缺口。这自然应给地球科学以推动。

我们还要回到康德在 1754 年发表的《地球理论》，因为在这部著作中，康德讨论了有关地球的问题。康德认为在地球内部存在着许多很隐蔽的通道，这些通道中存在大量的物质—铁和硫。这些物质在受到水的作用时可能发生变化，这种变化会导致地下爆炸和地壳的隆起。他进而认为，这两种元素的结合，会像稀硫酸与铁屑相接触后那样释放出气体，这种气体可以成为引起火山活动和地震发生的因素。康德对于地震发生的海啸也做过讨论，他认为液体在传递冲击波时，其性

状就如固体，因此可以引起海水突然的上涨。康德还论述过太阳、月亮或众多行星联合引力的作用问题。这些认识是极富启发性的。

或许是康德在德国古典哲学奠基中的影响太大，或者是由于其他原因，康德在1755年匿名发表的《自然通史及天体论》并未引起人们的关注，直到过了90年，德国地质学家和地理学家洪堡以他的声望和影响向世界推荐康德的这部著作的时候，才使康德受到了地质学界及天文学界的重视，并赢得了在自然科学领域的科学地位。然而，真正对康德的星云假说和地球理论给予科学评价的，不是别人，而是恩格斯。

法国学者拉普拉斯比康德小25岁，出生于1749年。拉普拉斯是一位数学家，在法国很有名气，在他24岁的时候就被选为法国科学院的院士。尽管拉普拉斯在数学上的成就如此出名，但他被人们记住的并不是他的数学成就，而是他关于太阳系起源的星云假说。关于星云假说，严格地说是拉普拉斯科学研究中的副产品，他只是在阐述宇宙体系问题的时候顺便提出来的。然而，正是这个不经意的理论，产生了无心插柳柳成荫的结果。在18世纪末及19世纪初的时期，康德与拉普拉斯的星云理论成了风靡一时的宇宙起源假说。

前面我们已经谈到，星云假说的基本理论认为，宇宙原本是弥漫的星云物质，在万有引力的作用下，物质微粒聚集成很大的团块，当引力继续增大的时候就形成了原始的太阳，而其他的微粒继续向太阳引力的中心坠落，这是斥力作用的结果，由此形成扁圆旋转的云状物，而后经过再聚集形成围绕太阳旋转的团块，从而成为所谓的行星，而行星周围的微粒则以同样的方式形成所谓的卫星。

在康德提出星云假说之后大约40年的时候，拉普拉斯在1796年也发表了他的著作《宇宙体系解说》。拉普拉斯和康德所提出的星云假说，完全是各自研究所提出的，但他们的认识和思想出奇地相似，由此人们都以康德——拉普拉斯星云假说来评论和评价他们的学术成就。

从历史的观点来看，拉普拉斯的星云说与康德的星云说有异曲同工之处，但在思想方面，拉普拉斯比康德更具彻底的唯物主义认识，因为在拉普拉斯的假说中，始终都没有提到过上帝一词。这就说明，拉普拉斯在建立他的宇宙体系过程中，完全没有所谓宇宙体系的建立，是依靠某个创造者或者是有神或人来管理支配的意思。正像前面所说，拉普拉斯提出的天体演化的星云假说是他不经意的思考，这正像他的理论是在他的《宇宙体系解说》一书中，把他的讨论放在了该书的最后一节的附注中提出的一样。而且，拉普拉斯的星云假说并不是从所谓原始物质的形成谈起的，而是从行星形成之前，原始太阳的存在来阐述的。按照拉普拉斯的理论，我们可以这样来理解他的星云假说：

(1)太阳的始祖是极为稀薄的物质—炽热的原始气态星云。这个气态星云比太阳系大出许多倍。

(2)原始星云是一种动态的运动体,其运动方式是缓慢的运动。

(3)由于冷缩的作用,这个星云逐渐收缩,其结果是星云变得紧密,随着不断的紧密使星云的转动速度不断加快。

(4)随着旋转速度的加快,由于在不断增长的离心力的影响之下,这个星云变得扁平,类似于一个盘状体。根据引力的定律,在星云旋转速度增加的同时,远离圆盘地方的物质引力变小,从而脱离圆盘,形成分离出的小的圆环。

(5)随着盘状星云不断的收缩冷却,星云物质不断重复着这种分离的过程,从而形成了与行星数目相当的一些环,而这些环都围绕这一体系的内核(即太阳)在同一个方向进行旋转运动。

(6)虽然这些环状物质围绕太阳旋转,但由于环的性质不同,由于引力的作用,它们会被离它们最近的大的凝团所吸引而成为行星。

(7)如同行星形成的道理一样,产生了卫星,就像月亮是地球的卫星一样。

按照拉普拉斯的理论,地球在冷却过程中会散发出大量的水蒸气,从而凝结成原始海洋,进而地壳物质溶于水中,经过沉积形成了原始的地层。经过不断的冷却,地球表层不断收缩,展现出凹凸不平的地表,从而形成山脉。这就涉及原始海洋、地球冷缩、岩石成因等问题。而这些推论正表现了拉普拉斯的地质学思想。

恩格斯对康德——拉普拉斯的星云假说进行了评价,指出:“第一个:在僵化的自然观点打开第一个缺口(指对保守的自然观进行批判)。第二个:地质学和古生物学。第三个:制造出有机构并表明化学定律适用于生物的有机化学。第四个:1842 年,热之唯动说。第五个:达尔文、拉马克、细胞等等。第六个:解剖学、气象学、动物地理学和植物地理学以及自然地理学中的比较的要素,材料的编整。形态学。”因此,我们说康德——拉普拉斯的星云假说以唯物主义的观点,根据物质本身的发展规律和运动规律,科学地说明了地球最初形成和存在的状态,有力地抨击了宗教神学的宇宙观,同时也为地质科学的诞生和发展奠定了理论基础。

拉普拉斯逝世于 1827 年,时年 78 岁。

## 歌德

在世界上,诗人、文学家的光环吸引世人注意的自然科学家并不多,而在 18 世纪的德国就出现了这样的一位人物,他仅以代表作品《少年维特之烦恼》就已享誉世界,而《浮士德》、《普罗米修斯》等大量作品则确定了他在世界文坛的地位。


图 2-21 歌德

然而,在人们仰慕他的成就,被他的超现实主义、浪漫主义,充满令人进取而爱憎、善恶分明的艺术表现所折服的同时,很少有人知道他还是一位热爱自然、探索自然奥秘的自然科学家,这个人就是歌德。见图 2-21。

1749 年 8 月 28 日,歌德出生于德国法兰克福镇,他的父亲是一位严肃而且严厉的家长,家境虽不富有,但还算是比较富裕的。法兰克福镇位于莱茵河畔,离此不远,就是地质界水火之争的水成论的发祥地,弗莱堡学派的大本营。严厉的父亲给歌德留下了很深的印象,但他母亲对他的影响则更为深远。他的母亲和善谦和,有着母爱的呵护、保护和引导,对歌德的成长起到了启蒙与引导的作用。有人说,歌德的才思来自于母亲在他儿时娓娓的讲述和带有讨论式的交谈,这促使歌德对事物的理解和分析可以由小及大,综合地进行分析和思考。

歌德对诗歌、文学有着天赋的悟性,虽然他在父亲的严厉的教育下,曾经学习过骑术和剑术,但对文学的兴趣似乎是与生俱来的。在他 14 岁时,就想着参加有关讨论诗歌的组织,对戏剧的爱好,促使他在法国占领期间经常到法国剧院去感受戏剧的魅力。1765 年,歌德离开法兰克福到莱比锡学习法学。从 1779 年开始,歌德开始进行自然科学的研究,涉猎的领域有解剖学、动植物学、光学、矿物学、地质学等。1832 年 3 月 22 日,歌德病逝,享年 83 岁。

歌德对大自然有着浓厚的兴趣,他自幼就喜欢郊游,他以他诗人的天赋和灵感尽力地去赞颂自然界给他的感悟和激情。1772 年至 1774 年这段时间,歌德曾到瑞士去旅行,每到一地他驻足细观,考察了所经之地的河流山川,这些感受都反映在他的作品《上莱茵山脉》、《瑞士游记》之中。在这些作品中,他描绘亲自观察到的山脉的形态和变迁,他还在描述莱茵地区山川地貌的诗句中论述了人类活动与自然界变化的关系问题。不仅如此,歌德还在他的文学创作中,将地质学方面的研究融入他的作品之中。譬如,在离他家乡不远的地方,曾经是地质学发展史上第一次有关岩石成因问题而展开争论的水成论学派的发源地,对地质学十分关注的歌德不会不对此十分关注,因此,在他的代表作《浮士德》中,他很巧妙地把水火之争的主题融入剧情之中,当浮士德与魔鬼搏斗时,女魔们唱出了水神与火神的矛盾与冲突,由此,山川的成因究竟是水还是火便成了《浮士德》的主题思想。这种创作手法无疑是以神话故事衬托了地质学史上的水火之争,从而别具匠心地将科学与艺术融为一体。

1776 年,歌德作为枢密公使馆参赞为魏玛公国服务,为此他在魏玛公国居住

了6年的时间。在这段时间里，歌德同魏玛公爵一起访问了伊尔梅纳矿山。在矿山，他实地考察了岩层层序、矿体的产状及其矿脉的分布，并对矿区的花岗岩做了非常细致的观察和研究。他发现，在花岗岩中非常明显地存在着很清晰的节理，为此，他论证了花岗岩是矿石之母，并提出花岗岩在矿脉的形成过程中起着重要的作用。同样，在1784年，歌德在哈尔茨山考察中曾对花岗岩的节理做了很精辟的描述。他认为："花岗岩的底面呈菱形，其中一个角向北呈平缓倾斜，因此，河左岸的岩石向山（北）倾斜；右岸岩石则向河倾斜。"不能不说歌德的观察完全是一个地质工作者野外考察的方法，能对地质现象做出如此深刻的观察和认识，而且出自于一个诗人和伟大的文学巨匠的解释，确实是十分难能可贵的。同年，他发表了《关于花岗岩》的专论，这是他多年观察和研究的成果，他的见解颇为当时地学界的赞誉。见图2-22。还是在1777年的时候，歌德曾写了著名的诗篇《哈尔茨山冬游记》，此后他还在1783年、1784年先后考察了哈尔茨山。他以哈尔茨山之旅，为他的地质考察积累材料。1788年，他经过研究发表了《维苏威·埃特纳火山的观察》一书，阐述了他对火山的认识。从此，他对地质和矿业的兴趣与日俱增。歌德对矿业的兴趣还可以从他和他挚友共同从事过伊尔梅纳矿山的开发得到证实。虽然他的矿业开发的尝试最后以失败告终，但这个过程使他有更多的时间和机会进行地质考察和矿产研究，大大地丰富了他对地质及矿业知识的了解。


图2-22　歌德描绘的花岗岩节理素描图

从以上情况来看，我们不得不承认，作为一位伟大的文学巨匠，以他的兴趣和研究，对地质学发展做出了自己的贡献，尽管这不是他的主业。

## 德拉贝奇

在介绍德拉贝奇这位地质学人物的时候，我们先要说明关于这个人物早期情况的史料是不足的。但值得庆幸的是，在20世纪70年代，史学家们发现了德拉贝奇早年的日记，尽管过了近100年，这本日记给人们的思绪做了补充——描绘了已缺憾的有关德拉贝奇早年所经历的事情和一些相关的细节。无论如何，使我们对这位地学人物的早年经历有了初步的了解。


图 2-23　德拉贝奇

德拉贝奇 1796 年 2 月 21 日出生于英国伦敦。见图 2-23。他的父亲是一位军人，但他从祖上继承了一个庄园，那是远在牙买加的英属殖民地的一所庄园。这个庄园留给德拉贝奇的印象不是很好，因为在他 4 岁那年，他的父母带着他巡访这个庄园时，他的父亲——老德拉贝奇客死在他乡，年幼的他跟着母亲在处理完父亲的丧事后，从海外回到了英国。1802 年，年幼的德拉贝奇接受学前教育，1805 年转到了另外一所学校读书。德拉贝奇在少年时的经历更多的是和他母亲的改嫁有关。直到 1812 年，德拉贝奇的家最后落脚在了一个叫里米里吉斯的地方。因为，在很多信件中，包括他的遗嘱中，德拉贝奇都称自己是“里米里吉斯人”。

德拉贝奇同他的父亲一样，也曾经成为一名军人。据记载，1810 年他进入了皇家马洛军事学校。然而，他的军旅生涯仅维持了两年便结束了。可能德拉贝奇的军旅生涯是以一种不愉快的结局而结束，这已无关紧要。离开连队之后，他转而将精力投入到了地质学中。他的选择或许与他幼年的兴趣和喜好户外运动的爱好有关，也与地质学在 19 世纪的发展有一定的关系。在英国，地质学在 19 世纪已成为当时颇为引人注目的学科，因为当时英国为地质学的发展提供了良好的条件。

有人称德拉贝奇是一位“绅士地质学家”，那是因为他的父亲在牙买加为他留下了可以继承的遗产。也正是因为他有了这笔财产，使他有了可以进行个人旅行和地质考察的条件。1819 年，德拉贝奇和他的家人做了一次为时 1 年的欧洲旅行。此次旅行他到了法国、瑞士、意大利、德国。这是德拉贝奇第一次大陆旅行。1820 年 6 月，他回到了英国的里米里吉斯，时长整整 12 个月。这次旅行，对他的同行者来说是一次旅行，但对于德拉贝奇来说，这是一次有计划、有目的的地质考察过程。他在考察中曾测量日内瓦湖不同深度的水温，根据他所获得的第一手资料和数据，写成了一篇论文发表在日内瓦的一份刊物上。这是他第一篇科技论文。考察途中，德拉贝奇重点考察了阿尔卑斯山脉的地质，特别观察了诸如有山崩、冰川等地质事件所留存的遗迹并对地质构造的地质现象给予了非常的关注。见图 2-24。在这次旅行中，德拉贝奇每到一地都要拜访同行，共同探讨，他结识了如居维叶


图 2-24　德拉贝奇野外调查时乘坐的敞篷马车

等一批知名的地质学者。德拉贝奇在这次旅行中把他观察到的地质现象都用素描的形式记录下来，这些资料的积累使他得以在1830年出版了《地质断面和景观图解》一书。1819年，德拉贝奇当选为英国皇家学会的正式会员。

德拉贝奇在地质学发展中的贡献，主要表现在以下几个方面：

### 1. 尝试建立地质学研究的理论框架

我们知道，地质学的研究是以自然界存在的客观物质为对象的。也就是说，地质学的研究是以实地考察和分析为主要方法的，所以它的实践性是第一位的。因此，早期的地质学研究常常把“考察”和“理论”不自觉地分隔开。在德拉贝奇的研究中，他看到了这种分隔的情况，并意识到了地质理论的重要性。他为此写了一本《理论地质学研究》的著作。在这本书中，德拉贝奇表明了自己的一种观点：不管任何各类的事实，无论支持我们的观点，还是与之相悖，都必须真实地加以引证，以便那些持有公正观点的人能够公平地衡量这些引证的证据。德拉贝奇一直坚持，在得到充分的事实证明以前，任何理论都应视为假设性或启发性的，而不是独断的。也就是说，德拉贝奇的观点是坚持以真实性的事实为依据，运用可行的理论（假设性或启发性的），对这些事实给予正确的说明。而这种“理论”应该是历史的、综合的。他的这种认识恰恰是莱伊尔所考虑和要解决的问题，因此，莱伊尔把德拉贝奇的《理论地质研究》评论为：德拉贝奇曾做过的最棒的事。尽管德拉贝奇对莱伊尔的理论采取不认同的态度，但他自己并不知道，他的观点和方法对莱伊尔的理论提供了可借鉴的思想。至于他反对或者批评莱伊尔理论的原因，据对此有研究的学者们认为，是因为德拉贝奇认为莱伊尔所提出的以渐变论思想为主体的“将今论古”认识方法，完全颠覆了过去地质学研究所形成和沿用的思维定式。为此，德拉贝奇还画了一幅素描画来讽刺莱伊尔（图2-25）是过于相信理论、只尚空谈的地质学家。



图2-25 德拉贝奇的素描

### 2. 创建英国地质调查局

一般地讲，作为自然科学的一个门类，或一个学科的成立，要有一个支撑，用现在的话说应有一个平台。

英国是经历工业革命后资本主义最早的发源地。作为一种代表先进生产方式的社会形态，英国最早出现了适合资本主义产生的社会条件，诸如，经历了工业革命之后，文化知识迅速扩展，商业化、城市化进程不断加快等等。这一切扩大了

大众化科学的要求，无疑也推动了自然科学在英国的发展。在这个过程中，德拉贝奇的作用是在这一时期促成了英国地质调查局的创建。而这个过程，代表了地质学在从过去非职业化的状态过渡到职业化的一个具体表现，也就是说，地质科学的研究脱离了个体的、闲散的状态而走向被社会所接受、为社会服务的一种正规而且职业化的学科领域。

德拉贝奇的设想源自于法国在科学体制方面的成功尝试。为什么德拉贝奇要借鉴法国成功的经验？主要是因为法国在推动科学发展的过程中，推行的是科研活动的职业化。所谓职业化，是从事自然科学研究的学者，在政府所设立的专门研究机构中供职，他们的劳动所得由政府给予发放薪俸。同时，政府还在人才培养方面，利用设置不同种类的教育机构，保障研究人员的补充。受此启发，德拉贝奇致力于英国地质调查局的建立。经过他的努力，1835 年，政府部门批准了在地形测量局建立一个地质调查机构的动议。这标志着英国职业化的地质调查机构的成立。德拉贝奇在地质学方面的贡献，我们仅举以上两个例子，这两点应该可以说明他在近代地质学建立过程中的功绩。1855 年德拉贝奇逝世，时年 59 岁。

## 史密斯

史密斯是英国著名的地质学家，生物地层学的创始人。他在地质学上的贡献一方面是地质图的绘制，一方面是以生物化石来确定岩层的顺序。史密斯有“英国地质学之父”的赞誉。见图 2-26。


图 2-26　史密斯

1769 年 5 月 23 日，史密斯出生于英格兰牛津郡，他的父亲是一位铁匠，共有 4 个孩子，史密斯是最大的一个。在他 8 岁的时候父亲去世，之后不久，母亲也改嫁了，所以史密斯幼年丧父，家境贫寒，他的童年是十分不幸的。史密斯 11 岁的时候才上学，是在村里的一所学校读书，母亲改嫁后，他和叔叔生活在一起，得到了叔叔的照料。

史密斯出生的地区，有现在被称为侏罗纪时代的岩石，且有很好的露头。史密斯年幼时经常在他家附近有化石出露的地方玩耍，这些不同种类、形状的化石给他留下了深刻的印象。18 世纪末，英国社会经济的发展，需要挖掘运河，扩大经济市场，史密斯那时大约 17、18 岁。有一天，一位经验丰富的测量员，因人手不够需要找一位助手，史密斯无意间被这位测量员选中了。虽然史密斯没有受过正规的教育，但他少年时代在家乡曾受到简单的初等教育，后来因为家境不济的关

系，不能继续读书。但他还是自学了几何学和测量方面的知识。这位测量员对史密斯的影响是很大的，在跟随这位测量员工作的过程中，史密斯很快掌握了土地测量方法，也了解到牛津郡地区的地质构造情况。他的勤奋和好学使他很快就能熟练地操作各种测量仪器。很快他就可以独立地开展工作了。1781 年，史密斯受雇于牛津郡等地的领主，为他们从事“圈地”的测量工作，这期间他接触了各种各样的地层，这样的机会无疑来自于他所做的测量员的工作。他要常年奔波在山林旷野，虽说劳累，但这对他的地质学的研究来说，则是提供了绝好的机会。史密斯有一个非常好的习惯，就是坚持每天写日记，通过这种方式，他把他的所见、所想、所闻、所得及时地记录下来，无形中积累了大量第一手的野外观察材料。

1791 年，史密斯来到了萨莫塞特，他在工作中认识了一位煤矿公司的经理琼斯女士，这位利特尔顿煤矿公司的经理聘请史密斯为这个煤矿进行土地测量、规划和排土的工作，用现在的话说叫作专职技师。正是在他担任专职技师的过程中，史密斯对这一区域内的侏罗纪地层层序进行了详细的探察。与此同时，为了解决煤炭运输的问题，要开凿一条萨莫塞特煤炭运河。琼斯女士又举荐了史密斯。1793 年，史密斯进行测量土地结构及开凿运河所经区域的地质条件。对史密斯来说，这无疑又是他在工程过程中搜集地质信息的机会。经过他的考察分析，史密斯非常注意挖开的岩层，他对岩层中所含的生物化石很关注，他发现，相邻的地层大多含有相似的化石，然而，相隔较远的地层则会含有极不相同的化石。经过分析，史密斯发现，由于每一岩层中都有生物化石的存在，那么，在更为广阔的区域空间内，应该可以寻找到与此相同的同一岩层，哪怕组成这一岩层的岩石成分发生了变化。由此，通过对岩层中生物化石的观察，史密斯不仅以自己的观察证明了已被提出的地层层序的存在，同时还发现了由于地质作用而产生的关于地层连续性的有关证据，他还发现了中生代地层和石炭纪地层之间的不整合。对这一发现，他在 1793 年做了论述，他认为：“我知道，红色泥灰岩层，里阿斯、蓝色泥灰岩层以及下部鲕状石灰岩，一般是向东倾斜的。它的倾向是与上述广阔地域内分布的地层一致的”。在对侏罗纪地层层序的进一步研究中，他发现仅仅由岩性来决定地层的层序是比较牵强和困难的。因为同样的黏土层或鲕状石灰岩可以出现在地层不同的层位上。史密斯提出这个问题源于他对不同岩层所含生物化石的种类进行不同的观察。他经过考察发现，在所谓的鲕状灰岩中，富含生物化石，但是，化石不总是相同的。因为在考察过程中，他发现鲕状灰岩的某一级岩层会以一种化石群为特征，而另一级鲕状灰岩的岩层中却会有不同的化石群。史密斯发现和提出的问题，导致了史密斯一个重要的发现，这个发现就是地层可以用生物化石来进行判定。他提出：“长期以来，由于我注意探索化石的意义，因而

使我解决了这一难题，发现了用地层中的化石进行地层鉴定的方法，终于排除了地质学中毫无意义的障碍。”

史密斯提出他的化石鉴定法则时只有30岁。他以他的地质学研究奠定了他的地质学家的地位，尽管他只是一位自学成才的、普通测量员的身份。因为他为地层学奠定了理论基础，创立了一个新的分支——生物地层学。

史密斯在地质学上的另一个重要贡献是地质图的绘制。史密斯绘制地质图至少在1801年时就开始了。在史密斯30岁左右的时候，也就是他发现了化石鉴定法则之后，他的研究重点完全转到了地质图的绘制上，有人说，史密斯绘制了世界上第一张地质图。

史密斯是一位勤奋、诚恳和诚实的学者，就像他绘制地质图一样。据资料记载，史密斯1815年出版的地质图，仅用于制版的16块雕刻，史密斯就花费了3年的时间，而为地质图绘制所需的资料及数据搜集，史密斯耗费了14年的时间。见图2-27。在地质图绘制过程中，史密斯得到了他的朋友法里和他的侄子菲利普斯的帮助，然而大部分的工作几乎都是史密斯一人完成的。在制图方法上，为了更清晰地便于读图，在地层的表现上，他基本上是以每一类岩石用一种特征色来表示，如第三纪的地层用灰色来表示，白垩纪用蓝绿色来表示等等。他不仅用颜色区分不同的地层，而且在每个地层单位的底部都要把颜色加深，以便与其他地层区分得更加明显。据统计，史密斯在1813年—1815年编成了英吉利—威尔士和一部分苏格兰的第一幅地质图，1819—1824年完成了英国21个县的地质图和各种地质剖面图。在这些图中，他不仅记述了成分不同的岩石，还注明了年代不同的各种岩石的分布。



图 2-27　史密斯绘制的地质图

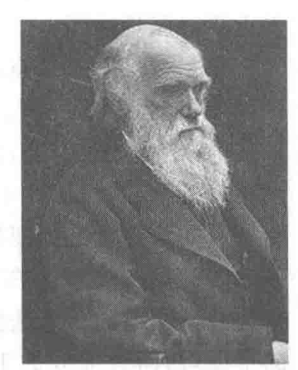
很显然，史密斯的工作是杰出的，有创造性的。史密斯在1801年至1819年一直居住在伦敦，1828年他被聘请担任海克尼斯领地的监理人，脱离了具体的地质调查工作。应该说史密斯所做的工作很长一段时间不被地质界所了解，直至1831年，伦敦地质学会授予史密斯乌拉斯顿奖章，表彰他在地质学上的贡献为止。面对这种奖励，史密斯无以表达，将自己珍藏的1799年绘制的地层图表和巴斯与附近地区的地质图，还有绘制于1801年的地质草图献给了伦敦地质学会。

至今这些珍品一直被伦敦地质学会珍藏。在1831年的授奖仪式上，伦敦地质学会的主席塞治维克称史密斯为“英国地质学之父”。1839年8月28日，史密斯不幸病逝，被葬在圣彼特教堂附近。

1865年，伦敦地质学会和牛津博物馆陈列了史密斯的雕像，并在他的故居设置了路标和纪念牌。从1977年开始，伦敦地质学会给在实用地质学和经济地质学方面做出突出贡献的学者颁发“威廉·史密斯奖章”。

## 达尔文

英国伟大的科学家达尔文，是进化论的奠基人，唯物主义生物学及关于物种起源和发展的唯物主义学说的创始人。不可否认的是，达尔文的生物进化论在地质学发展中产生了重要的影响。所以，科学的地质学的建立与达尔文的贡献是分不开的。图2-28。


图2-28　达尔文

1809年2月12日，达尔文出生在英国的一个小城市施罗普郡。他的父亲是乡间一位很有名的医生，家资丰厚，他的祖父也是一名医生，由于这个缘故，他的父亲希望达尔文能够子承父业，也做一名医生。1825年，在他只有16岁的时候，父亲便送他到爱丁堡大学学习医学。然而达尔文的兴趣并不在医学上，读书期间他经常到野外采集一些动植物标本，因为他对自然界和自然历史的兴趣更浓厚。见此情况，他的父亲在失望之余，又送他到剑桥大学学习神学。进了剑桥大学，对神学完全不感兴趣的达尔文完全违背了父亲的意愿，他改学了植物学和地质学。这种改变是受到了植物学家亨斯洛和地质学家塞治维克的影响。

1831年，达尔文在剑桥大学毕业，由于他在剑桥大学的植物学教授亨斯洛的推荐，以自然科学工作者的身份参加了为期5年的“贝格尔”号巡洋舰作环球旅行。应该说，这次旅行对达尔文来说是至关重要的一次经历。在他出发前，亨斯洛教授推荐他带上一本莱伊尔写作的《地质学原理》第一卷，目的是让达尔文扩大一些地质学方面的知识，了解地质学在那时正在发生的一些变化。亨斯洛虽然向达尔文推荐了这部著作，但他也很明确地表示，希望他不要接受莱伊尔的观点。因为亨斯洛本人对莱伊尔的地质学理论持怀疑的态度。达尔文在登上“贝格尔”号巡洋舰时，带了两部书，一部是《圣经》，一部是《地质学原理》。五年的科学考察，达尔文得到了很好的锻炼，也得到了意想不到的收获。在回忆这次旅行时，达尔文说：“贝格尔舰上的旅行，是我一生中最重大的事件，并且决定了我的全部研

究事业”。

达尔文创立了生物进化论，这是毋庸置疑的。但在他之前，关于进化的问题已经有很多学者在研究和讨论。早在古希腊时代，赫拉克利特就认为世界万物是在流动的状态中变化的；恩培多克勒则把生命的发展看作是一个逐渐变化的过程；亚里士多德对这个问题的认识则更具哲学意义上的思辨性，认为被称为比较完善的形式，都是从不完善中发展来的。时间流向文艺复兴的时期，进化的问题被再度提出，当然，关于这个问题大多是在哲学家群体，如培根、笛卡尔等人的著作中论及。而这一时期的科学家则把对进化问题的认识，放在不断地搜集和研究一些可以证明“进化”的事实方面。可以说，对于进化问题的研究，在这一时期被哲学家和博物学家不自觉地进行了分工。虽然在不同的领域进行着同样的工作，但他们的见解是不同的。正如黑格尔所说：“变化只能归之于理念本身，因为只有理念才在进化，……把从一个天然的形式和领域到一个更高的形式和领域的变化，看作是外部的与实际的产物。那是一个蠢笨的念头”。

18 世纪至 19 世纪时，进化的研究又得到了深入，如法国的博物学家布丰提出了外界环境直接改变动物的观点；达尔文的祖父也是一位进化学者，他认为：“动物的变形，如由蝌蚪到青蛙的变化……人工造成的改变，如人工培育的马、狗、羊的新品种，……气候与季节条件造成的改变……一切温血动物结构的基本一致……，使我们不能不断定他们都是从一种同样的生命纤维产生出来的。”当然，令这位老达尔文欣慰的是，他的孙儿延续了他的研究，并把进化的理论给予完善。在达尔文之前，对进化问题给予有条理且合乎逻辑的说法的是德国著名自然科学家、进化论学者拉马克。拉马克是无脊椎动物学的创始人，1801 年发表了《无脊椎动物的体系》，1806 年发表了《无脊椎动物古生物学》，还在 1809 年发表了著名的《动物哲学》。拉马克认为环境影响生物器官的发育和退化，并提出了后天获得性可以遗传的观点。19 世纪的学者钱伯斯和马尔萨斯等人也为进化论学说的建立起到了推动作用。达尔文曾说：“1838 年 10 月，我为了消遣，偶然读了马尔萨斯的《人口论》。我长期不断地观察过动植物的生活情况，对于到处进行的生存竞争有深切的了解。我立刻就想到，在这些情况下，适于环境的变种将会保存下来，不适的必归消灭。其结果则为新种的形成。这样，在进行工作时，我就有了一个理论可以凭持。”可见马尔萨斯的“人口理论”对达尔文的影响作用。

达尔文的进化论思想是尽人皆知的，在这里我们不做专门的介绍了，要说明的是达尔文在地质学方面的贡献。

达尔文开始进行地质调查是在 1831 年的春天，这是他受到了亨斯洛的启发和劝说而开始的调查工作。同年秋天，亨斯洛把达尔文介绍给塞治维克，促成了

他和塞治维克共同进行的北威尔士的调查。在地质学家塞治维克的引导下，达尔文的地质野外观察的知识得到了进一步的提高。前面谈到，达尔文参加“贝格尔”号调查时带上了莱伊尔的《地质学原理》一书，可以说通过这次长时间的科学考察，达尔文真正领悟了莱伊尔的地质学理论。

当“贝格尔”号停泊在第一个地点贝尔特时，达尔文进行了圣地亚哥岛的火山调查。他说：“在火山的问题上，莱伊尔的思想对我的教育，比迄今为止我所知道的任何事物都更为突出。”“我被地质学迷住了。然而我就像处在两捆干草之间的聪明的动物那样，我不知道在结晶的岩系和含着化石的地层之间到底选择哪一个好。当我对成层现象难以做出判断的时候，我冲动得想大喊大叫；然而在挖出有价值的骨头时，不知怎的，我又对用锤子敲打花岗岩产生了那样的热情，这真是不可思议的事情！”据说，在达尔文阅读《地质学原理》一书时，他和书的作者莱伊尔并未见过面。

达尔文随着“贝格尔”号航行了5年，他到了很多地方，可以肯定的是，他在南美洲、澳大利亚和南太平洋等地从地层构造上看出了地层的演变，他把采集的生物化石与现今陆地上生存的动植物加以对比研究，根据所观察到的事实，开始对物种不变的理论产生了怀疑，由此产生了物种变异的思想。这与莱伊尔所坚持的地质学理论的影响不无关系。在航海过程中，达尔文曾在给亨斯洛的信中写了长达600页的论文，这其中有一半是关于地质学的。地质学家根据达尔文的研究所涉及的地质学方面的内容，对达尔文的贡献归纳为以下几个方面：

(1)丰富了关于火山研究方面的知识内容；

(2)以事实为依据，找到了地壳运动的证据；

(3)在对南美洲做的重点考察中，观察了包括结晶岩、第三纪地层、第四纪地层在内的一系列地层；

(4)详细观察了所到各地存在的陆地崩坏作用；

(5)说明了珊瑚礁的成因。

虽然达尔文并不是一位真正意义的地质学家，但由于他对地质学浓厚的兴趣和采取了如莱伊尔所提供的研究地质学的方法和思想，再加上他本人一切从实际观察为出发点的重事实的考察，使他能够在自己涉及的地质学研究领域能有基于客观、基于规律的，符合基本地质历史发展规律的见解，这正是他的进化论思想和莱伊尔“将今论古”研究方法互为补充，用于认识地质历史方法最好的结果。如对火山的观察，达尔文不但从历史发展的角度考察火山现象，同时还对构成火山物质的岩石、矿物成分加以关注，发现了火山喷发物中有岩盐、石膏的存在，他还发现了火山活动是以静止期和活动期的形式反复出现的。除此实地观察分析之外，

他还充分利用了吹管、测角器、显微镜等仪器设备进行分析研究。他在《火山岛》一书中写到:"因为晶体的比重比基质的比重还大,所以即使在熔融岩石那样很稠的物质中也有晶体的沉淀。"这说明他曾对火山喷发物的比重进行了测定。他进而认为:"对于这个情况,我是根据以下情况考虑出来的,绿色岩和玄武岩经常切割巨大的花岗岩体和附近的变质岩而成为岩脉。""这些岩脉是贯穿于花岗岩和变质岩中部分冷却的岩石裂隙中形成的,比较富于流动性的部分,主要是由析出的角闪岩或辉石组成侵入裂隙中。"当然,我们不能以现代地质学中有关岩石学和矿物成因的理论来要求达尔文。不管怎样,达尔文在他那个年代努力把岩石的多样性与岩石的形成方式结合起来进行综合的分析,对后来的许多岩石学家是有很大的影响和启发作用的。所以,他的研究成果促进了岩石成因这一理论的发展。

在珊瑚成因研究中,达尔文认为珊瑚礁是由生物生成的,是先生成岛屿后很慢下沉,而其岸礁是大陆地质上升的结果,并不是所谓火山口上升的表现。他的珊瑚礁形成说,纠正了莱伊尔在《地质学原理》一书中关于珊瑚理论形成的观点,从而提出了著名的珊瑚礁由珊瑚虫造礁而成的学说。

1837 年,达尔文发表了《贝格尔号环球旅行所经各国的自然史和地质研究日记》一文,1842 年发表了《珊瑚的构造及分布》,1844 年发表了《有关火山岛的地质观察》,1845 年他根据自己的日记写成了《一个自然科学家在贝格尔号航行日记》一书。这些都记述了达尔文在地质学研究中所做的出色的工作。

# 四、近代地理学



近代地理学的产生离不开它所产生的社会背景和历史条件。

如前所述,欧洲在15世纪出现了以“复古”为特征的“文艺复兴”,这次旨在解放思想的运动推动了欧洲社会包括科学在内的艺术和文化的发展,形成了在艺术界、文化界、哲学界乃至科学界的学者们对自然与社会的重新思考和探讨研究。在这个过程中,地理大发现和视野开阔后人们对世界新的认识,为当时的哲学家和科学家们提供了重新认识世界的材料,从而产生了有关地理学认识上的新的观点和思想。诸如:法国学者在17世纪提出的所谓“气候决定论”,德国哲学家康德在18世纪提出的“二元论”,都成为近代地理学产生的基础和方法论研究的必要条件。因此,作为近代地理学产生的孕育期,自文艺复兴至18世纪这近300年的时间,是地理学由古代向近代转变的时期,在此期间,完成了技术方法方面的变革、积累了大量宝贵的资料及在认识基础上建立唯物论的地理学三方面的基础工作,为近代地理学的建立创造了条件。

近代地理学的建立在19世纪时完成了它的工作。其特点是以对地球表面各种现象及其他之间的关系的描述,在科学意义上获得了基本的认识,而且对它们的解释性描述和逻辑性推理,基本形成了一个概念性的体系。同时,地理学的研究及拓展出现了一个基本的平台,即学科不断分化,研究出现了各种具有各自认识的学派。在这个过程中,德国可以说是近代地理学的发源地,以洪堡和李特尔为代表的地理学人物率先引导了地质学产生及发展的潮流,受其影响,法国、英国、俄国、美国等学者在地理学的研究中也各自做出了自己的成就。下面我们仅就中外有代表性的地理学人物做一介绍。

## 洪堡



图2-29　洪堡

有人把洪堡称为近代地理学的奠基人,也有人把洪堡看作古典地理学的掘墓人。见图2-29。后人给予洪堡很

多很高的赞誉,所有这些溢美之词对于他来说,都是可以接受的,因为在他的一生中,对地理学的贡献,充分表现了作为一名学者应具备的审慎的思维、勇敢的挑战性格,还有哲人的理性。在这里,我们不妨摘引他的一段话来体味他那深邃的思想:"在现象和生命力的普遍波动中——在无法摆脱的有机物纲的依次发展与死亡的过程中,我们对熟悉自然知识每前进一步,都把我们引向新的迷宫的入口,但是发现新事物的预感所产生的激情和奥秘即将揭开时的朦胧的直觉,以及我们面前展开的复杂道路,这些都在每一知识阶段中促进思想的锻炼。每一条单独自然法则的发现,都导致更为普遍法则的确立,或至少向敏慧的观察者揭示这种法则的存在。"

在地理学的发展历史中,洪堡是一位承上启下的人。

亚历山大·冯·洪堡 1769 年生于德国普鲁士的贵族家庭。他的母亲抚养他长大,并为他提供教育的条件,但是洪堡对自己的母亲缺少亲切感,因为她过于的严肃和严厉了。洪堡在少年时对诸如科学之类的事并不感兴趣,如果要做选择的话,他宁愿到军队中去服役,也不会投身于科学的事业。然而,洪堡的求知欲和好奇心,决定了他最终离不开走上科学道路的选择。有幸的是,洪堡在家庭教师的引见下,认识了一些具有独立见解无拘束感的知识分子。这些人在一起议论贵族及贵族社会内部的社会偏见,因为这些人是由犹太人和非犹太人聚合在一起的。在这些人之中有哲学家、自然科学家,如康德的学生物理学者马尔库斯·赫尔茨等。他与这些人在一起谈论艺术、哲学,听他们发表各自的社会见解,其中也包括一系列关于自然科学论题为主的讲演,这无疑对洪堡产生了影响,满足了他那求知欲极强的渴望。当他进入大学读书时,他已经对自然界的很多方面有了一定的了解并产生了极大的兴趣。在他 20 多岁时,进入哥丁根大学,学习物理学、考古学和语言学。在大学读书期间,他偶遇刚刚结束跟随库克船长做世界环球航行归来的乔治·福斯特。在与福斯特的交往中,他对植物学研究产生了浓厚的兴趣。其结果导致了他们两人做了一次沿莱茵河徒步到荷兰的旅行。洪堡在后来的回忆中讲,他对地理学产生兴趣,与福斯特的相识有直接的关系。

后来洪堡进入了萨克森的弗莱堡矿业学院,学习物理、化学、地质及采矿等课程。在弗莱堡矿业学院就读期间,正值著名的德国地质学家在关于地球起源认识上持水成论观点的魏格纳在这个学院任教授,在这位受人尊敬的学者那里,洪堡学到了很多新鲜而深奥的知识。毕业之后他曾在普鲁士的佛朗科尼亚矿区工作,后来,强烈的周游世界的愿望促使他走上了旅游探险的路途。1797 年,他毅然辞去了官职,开始筹划他的旅行。

洪堡对旅行探险有着强烈的愿望。1796 年,母亲去世,他继承了一笔遗产,

这笔遗产是一个庄园。依赖这个庄园的收入他完全可以支付他的生活所需，而他则不必考虑就业与否的问题。他的美洲之行的费用就是这个庄园的收入，关于旅行报告的出版等等费用也是由庄园收入支出的。1798年，洪堡和法国植物学者埃梅·邦普兰决定进行一次由马赛至阿尔及尔再至埃及的旅行。然而，不幸的是，他们乘坐的船没有到达马赛就失事了。他们只好临时决定进行海外航行。在从葡萄牙通往西班牙马德里的路上，洪堡坚持每天观察温度和高度。到达马德里时，他的观测结果使他成为第一个对西班牙的桌状山作了高度精确测量的人。

洪堡一生旅行考察到过世界的很多地区，难忘的美洲之行，他给后人留下了长达30卷的巨著《新大陆热带地区旅行记》。见图2-30。这次历时五年的旅行，为奠定洪堡在地理学发展中的地位起到了关键性的作用。美洲是地理大发现时代由哥伦布等人发现的。首先被发现的新大陆就是现在世界版图上的拉丁美洲地区。这个地区被赤道从其中部穿过，80%以上的地区处于热带范围之内，因此，洪堡的美洲之行又称为新大陆热带地区旅行。洪堡的这次旅行是1799年从委内瑞拉的库马纳港开始的。他们先到了加拉加斯，对巴伦西亚盆地进行了考察。这个盆地中心是巴伦西亚湖。洪堡在考察中注意到这个湖一度是有出口的，并且是较为深广的。但在1799年时，此湖已无出口，湖水也呈现出日益萎缩的状况。洪堡认为巴伦西亚湖的现状是由于森林的破坏、泉水的枯竭以及急流的产生造成的生态恶性破坏和循环造成的。1800年，洪堡和邦普兰沿着奥里诺科河进行了长达2 777 km(1 725英里)的观察测量，并绘制了地图。他同时也考察了卡西基亚雷河，经过他们的实地考察，证实了很早以前一位名叫曼纽尔·拉蒙的神父讲过的，关于奥里诺科河上游分为两支的说法，对于这种情况，近代的地貌学者认为这是进行中的河流袭夺的现象。

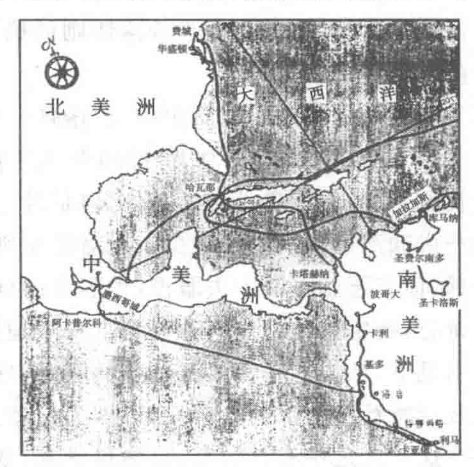


图2-30　洪堡在美洲的旅程

1801年，洪堡和邦普兰又开始了对哥伦比亚、厄瓜多尔和秘鲁境内安第斯山脉的探险考察。对这一地区的考察，洪堡做了大量的实地测量和调查，取得了很多重要的成果。他曾冒着危险走到了活火山口的深处，仔细观察火山喷发岩浆涌出时的气体，厄瓜多尔境内的很多火山他都亲临了。在观察了安第斯山的岩石以后，他断言，花岗岩、片麻岩等结晶岩都是火成岩，从而认为魏格纳关于岩石成因

的水成论学说是错误的。在厄瓜多尔，洪堡和邦普兰曾攀登被当时人们认为是世界最高峰的钦博拉索山，达到 5 878 米的高度，这个记录保持了 29 年。在对高山地带的考察中，他观察了高度对人体的影响，记载了高山疾病的表现，并解释在高山地带人们产生头晕的感觉是由于气压低的原因。在从卡亚俄到厄瓜多尔的爪亚基尔的一次旅行过程中，洪堡测量了海水的温度，对海水的运动方式做了第一次的描述，在观察了从海底翻涌上来的冷水流后，称这支冷水流为秘鲁海流。在这次旅行考察中，洪堡对中美和南美等地也做了大量的旅行记录。回来后，洪堡把在美洲野外考察的成果，在其他学者的帮助下写成了 30 卷的《新大陆热带地区旅行记》出版。这部著作问世后，引起学术界巨大的反响。



1829 年，洪堡接受俄国沙皇的邀请，前往彼得堡。这又是洪堡一次非常重要的旅行。在这次旅行中，他取道里加到彼得堡，经托博尔斯克、莫斯科、喀山和北乌拉尔，穿过西西伯利亚到阿尔泰山邻近的中国通古斯河流域地区，然后，经过乌拉尔、里海、沃罗涅什、莫斯科返回圣彼得堡，行程 14 483 km (9 000 英里)。见图 2-31。在考察过程中，洪堡对温度的变化十分重视，根据他多年考察所掌握的资料，他认识到在同一纬度上，温度按照距离海洋的远近而变化。在他的建议下，俄国沙皇从圣彼得堡到阿拉斯加沿海设立了一系列测候站，形成一个测候站网，定期记录天气情况。后来，洪堡利用这些网的资料，绘制了第一幅世界平均温度图。后来，洪堡又首次把温度相同的点连成等温线，观察到大陆气候要比同纬度的近海地区的冬天要冷，夏天要热，从而建立了大陆性气候的概念。见图 2-32。

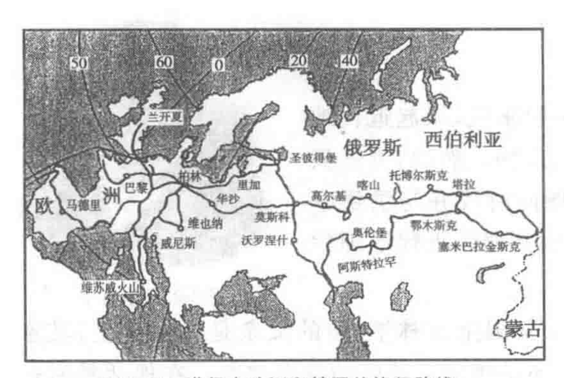


图 2-31　洪堡在欧洲和俄国的旅行路线

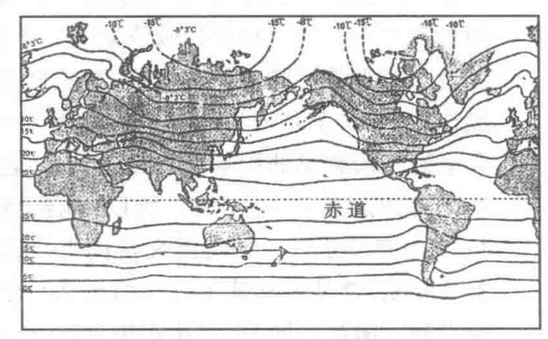


图 2-32　1845 年洪堡绘制的“年平均温度等值线图”

洪堡一生对科学做出了很大的贡献，在广泛游历搜集资料的基础上，在自然地理、经济地理、气候学等方面都有杰出的贡献。他研究过欧洲大陆两侧的温度差异、气候带的分布，温度垂直递减率、大陆性及海洋性气候、地形对气候形成的作用等问题，对气候与动植物水平分布

和垂直分布的关系也进行过探讨,他还发现了地磁强度由极地向赤道递减的规律等等。洪堡是19世纪地理研究的集大成者。他生前写作并出版了四卷的《宇宙》一书(共五卷),集中了洪堡一生的研究和发现。他给人类留下了宝贵的学术遗产。还是让我们引用洪堡的一段话来结束这篇对洪堡不完整的介绍吧:

"如果我不是敢于探索一些最显著的人类现象,我所要努力描绘的一般自然图景将是不完整的。这些人类现象,是对照着物理的等级来考虑的,即对照着同时代各人类的地理分布,对照着自然力对人的影响,以及人倒转来对自然力所施加的、相互的、虽然是较弱的活动来考虑的。人类在生活上到处都和土地发生最根本的联系,虽然比起动植物来,他依赖于土壤的程度,依赖于他周围的大气气象变化的程度较小——他能借力于精神活动和智慧教养的提高来轻易地摆脱自然力的控制,还具有使他自身适应于各种气候下生活的惊人能力。"

## 李特尔

德国是近代地理学的发源地,一般来说,谈起近代地理学的奠基,人们都会想到洪堡这个人物。然而,洪堡只是近代地理学的奠基人之一,与洪堡同时代并与洪堡享有同样声誉的德国地理学家李特尔也是德国近代地理学的奠基人。见图2-33。


图2-33　李特尔

1779年8月7日,李特尔出生于德国奎德林堡,他的父亲是一位医生,其家境是比较贫穷的。尽管如此,李特尔还是接受了较好的家庭教育。在他适龄时进入了一所实验小学读书,这所学校的教育理念是推崇卢梭新的教育思想,教学环境和教育的指导思想是比较清新的。李特尔自幼就是一个喜欢思考的孩子,经常注意观察自然界的事物和现象,喜欢联想,并经常提出一些诸如这个东西怎么会是这样的,这个东西和那个东西为什么会不同等的问题。在小学中,他受到了启蒙老师古茨默思的影响,因为这个地理老师发现了这个爱思考的孩子的兴趣大都与外部的自然环境有关。所以,他经常给李特尔讲解有关人与自然的问题。17岁时李特尔进入了哈雷大学读书。读书和考察是李特尔的良好习惯,在大学的几年里,李特尔阅读了大量的自然科学和有关历史的书籍,使他酷爱读书的愿望得到了满足。同时,他还在法兰克福、瑞士、意大利等地进行野外考察。考察过程中,他不断地从自然界中吸取新的知识,并思考人与自然的有关问题。李特尔毕业后曾做过家庭教师。因为家庭教师的工作不仅可以为他提供经济来源,而且还可以使他在一种自由、娴静的状态下进行他的研究。据说,他是为一位富有的银行家的孩子做家庭教师,这样的情况正是他所需要的。

1805年,李特尔阅读了洪堡有关美洲旅行的著作,深受启发,于是,在1806年他见到了洪堡并进行交流。这段经历对李特尔的影响是非常大的,他曾回忆说:"这是科学史和文化史的一个转机,自此,西半球的自然,以此为对照,其丰富的个性、协调的秩序,显示出了真正的伟大和崇高。在眼前的分裂混乱中,通过广阔大地有机体显示出预想不到的各种现象的因果关系。"由此可看出李特尔受益于洪堡的地理学思想的启发和他们在地理学研究中认识的一致。1819年,李特尔到法兰克福大学任教,1820年到柏林大学任地理系的系主任,在他的努力下还创办了柏林地理学会。柏林地理学会创建后,地理学的学科地位不断提升,很多大学相继设置了地理系。而且,从19世纪早期开始,法国、英国、巴西、墨西哥、俄国、美国等国家也相继成立了地理学会。1871年,第一次国际地理学会会议在安特卫普召开。所有这些都与李特尔的工作分不开,表明了地理学作为一个有较完整的体系和有着独立研究对象的科学建立起来了。1859年9月28日李特尔去世,享年80岁。

李特尔在近代地理学的创立过程中,贡献是很大的。主要表现在:他阐述了人与自然的关系,论述了地理学作为一门科学的综合性及统一性,由此奠定了人文地理学的基础。他还主张地理学应该和历史学结合,历史地多角度地看待和分析发生在人类生存的地球表面上,自然和社会所发生的事物,强调自然是人文(地理学上的人文是指包括社会、政治、经济和文化在内的社会现象)的基本要素。为此他曾做过《地理科学的历史因素》的演讲,从而促进了历史地理学的发展。他在人文地理学和历史地理学方面的贡献,可看作李特尔地理学思想的主要内容。而在地理学的研究方法方面,李特尔则主张采用比较地理学和形态地理学的方法。

李特尔的主要著作是《地学通论》(全称为《地学通论,它同自然和人类历史的关系;或普通比较地理学,自然和历史科学研究与教学的坚实基础》)。这部著作可以说是奠定近代地理学基础的经典之作,同时也是他作为近代地理学创建者之一的代表作。

《地学通论》共有19卷。第1卷出版于1817年,而第19卷则出版于李特尔逝世的1859年。从这部巨著的书名我们几乎不用解释就可以看到该书的内容。在这部著作中,李特尔表达了他的地理学思想——按照地理学研究的法则和规律,系统地研究自然与人文在自然和人类社会发展过程中的关系,而比较地理学就是地理学研究的方法。这种方法是通过对区域地理单元的分类和比较,依照所掌握的事实材料,进而分析它们的成因及其所内含的变化规律。李特尔所提倡的比较地理学的研究方法,至今仍然是地理学研究中的基本方法,具有它的现实意义。

李特尔认为,“地理学这个名词所要表达的是对地球的描述。……对我们来说,它所指的,仅仅是真正地理科学的那些要素。这门科学的目的完全在于抓住一种最完全、最广泛的对地球认识的观念,总结我们全部的对地球的知识,并把它们组织成一个完美的统一体。地理学是科学的一个部门,它把地球作为一个独立的单元,研究它所有的特征、现象和关系,并说明这个统一的整体,与人及人的创造者的联系。”李特尔最为可贵的地方,是他能透过地理学研究地球表面物质变化的现象,看到人与自然的关系。这种思想无疑具有其生命力。用他自己的话说,地理学研究的宗旨是:“自然的一切现象和形态对人类的关系。”我们不能不说李特尔的地理学研究带有很强烈的目的性,他的目的性只有一个,使地理学在新的历史时期和科学昌明的时代成为科学研究中一个引人注目的分支,将地理学建设为一门系统的学科门类。正如他自己所说明的那样,“我的目的已经是不仅要比前人搜集、处理更多的资料,而且要找出作为自然的一切差异的基础的那些一般规律,说明它们和每个单一事件的联系,并在纯历史领域内,指出存在于那些在地球上盛行、在自然与人的相互关系中似乎最显著的表面上的差异和变化无常之中的完美统一与和谐。从这一研究过程中产生了自然地理这门科学。这门科学的任务是找出产生那些制约着事物,民族、个人多样性的和随后变化的所有的规律和条件。”看来,李特尔是一个直白的人,他把他的学术思想和学术研究的旨归非常明确地揭示给了我们。

李特尔的第一部地理学著作是在1804—1807年出版的两卷本《欧洲地理》。这部书的内容基本上是按传统的方式编写,在书中的插图中,简单明了地说明了山脉、植被、农作物与气候、野生和驯养动物的分布以及各民族之间的关系。

我们说,洪堡和李特尔所创立的近代地理学是那个时代产业革命的产物,而近代地理学自产生之后,也随着工业革命所带来的社会进步而渐趋成熟。有一点我们还是要提到的,那就是李特尔所持有的基于他的宗教信仰和哲学而坚持的,认为上帝是创造地球的主宰,这就使他在思想根源上偏离了科学研究所要重持的唯物主义的世界观,从而进入了另一个思想认识上的极端。

## 李希霍芬

斐迪南·冯·李希霍芬是一位著名的地理学家、地质学家,1833年生于德国巴登符腾堡州卡尔斯鲁区的一个贵族家庭。见图2-34。他很早就对探险之类的事情感兴趣,而且热衷于地理考察和地质旅行。他的大学学习



图2-34 李希霍芬

生活是在布雷斯吉大学和柏林大学度过的，在大学中他学习化学、物理和地质学。李希霍芬酷爱探险活动，是一位经验丰富的探险家和野外观察者，在他年轻的时候就到过阿尔卑斯山和喀尔巴阡山进行地质考察。李希霍芬是继洪堡、李特尔之后，又一位德国的著名学者。

李希霍芬是一位独立思考能力极强的学者，善于在纷乱复杂的现象中，求得本质问题的理解和答案，并善于进行理论上的分析和概括。他认为：地理学的特殊目的是集中研究地球表面相互联系的各种现象。为了要取得有益而可靠的结论，对地球表面上任何部分的地理研究都必须从详细描述自然现象开始，然后推进到考察地球表面的其他现象及其与基本的自然联系的关系。他对地理学概念的理解的确与他人有别，这与他的地质考察和富于联想的思维方式有直接的关系。他把形成地球表面形态特征过程的研究与地表形态本身的描述加以区分，认为地理学的目的，就是在于发掘人类和物质的地球及其自然现象也有联系的生物现象之间的关系。这个思想成为当时包括德国在内的世界其他地区关于地理研究的一个基本模式。李希霍芬对地理学的解释可归纳为：地理学的研究对象应该限于研究地球的表层，即岩石圈、水圈、大气圈和生物圈之间存在和发生着的现象。

在德国，李希霍芬生活的时代对地理学的理解和认识，还限于过去的旧有的认识。而李希霍芬的地理学思想，则为德国的地理学注入了新鲜的成分。通过地质考察，通过对考察所得资料的分析，他往往能够在综合的基础上整理出一些带有规律性的东西。李希霍芬曾创立了关于现象的世界分布的一般概念。他认为研究的过程，除去把世界作为一个整体来看待之外，还应该注意研究和考察地球表面那些局部的、地区的或更小的现象。这样做的目的在于解释特定地区内的各种事物之间存在的因果关系。因此，他主张在地理研究过程中将大小不同的地区分别开来加以研究，而后再从整体关系上进行分析、归纳和综合。他曾专文论述关于地理学的研究方法。很多受到李希霍芬教育的学生后来都成为著名的学者，诸如：西格弗里·帕萨格、奥托·施吕特、阿尔弗雷德·吕尔、斯文赫定等等。

作为一个地质学家、地理学家，李希霍芬同其他著名的学者一样，有着不同凡响的探险生涯和旅行经历。李希霍芬的地质旅行考察与中国地质学有着密切的关系。这主要表现在他在4年的时间中，先后7次在中国境内进行地质考察，并以他考察所得写成的五卷巨著《中国》而闻名于世。

在中国，地质调查的历史，最初是由外国人进行的。而在中国进行考察的外国人之中，李希霍芬考察范围之广、时间之长、所到地区之多是首屈一指的。在李希霍芬之前，以地质学家的身份到中国进行科学的地质调查的还有美国人庞培

勒。但是庞培勒在中国的实地考察仅有半年的时间，所以他的考察所得自然比不上李希霍芬了。其实，李希霍芬要比庞培勒早一年就到了中国。1861年3月，李希霍芬跟随以艾林波伯爵为首的普鲁士外交团到了上海，由于当时外交和政治上的原因，李希霍芬没能在中国进行地质调查就离开了。这样，1863年，晚于他的庞培勒到了中国，反而成为在中国进行地质调查的第一人了。

李希霍芬随使团离开中国之后，又横渡太平洋到了美国加利福尼亚，在那里进行了6年的地质考察和研究。然而，到中国进行地质考察的梦想，又使他于1868年来到了中国。

1868年，李希霍芬得到上海的外国商人组成的上海西商会的资助，开始进行中国的地质调查。他除了进行地质、地理调查之外，还要向这个商会报告调查所得到的有关中国物产、人口、交通、商业、风土人情等经济、社会情况。从1868年11月—1872年5月，他以上海为基地，七次出外进行实地调查，先后到了广东、江西、湖南、湖北、浙江、江苏、安徽、河南、山东、河北、山西、陕西、甘肃、四川、贵州、内蒙古、东北等中国境内的18个省区。下面将这七次的实地考察做一简单叙述。

第一次开始于1868年11月，历时近两个月，同年12月中旬结束，这次以对舟山群岛的考察最为详细。

第二次开始于1869年1月，历时近两个月，同年2月21日结束，对南京—镇江一带的地质考察最为详细。

第三次开始于1869年3月，历时半年多。这次考察对山东、辽东半岛及北京附近考察最为详细，其间对煤矿尤为注意。

第四次在1869年9月—10月间，历时一个多月。

第五次于1869年12月从香港人广州，1870年1月从广州出发，同年6月到达北京。此次旅行考察、搜集资料甚多，在北京期间，对北京附近地质再次作了详细的调查。特别是这次对山西煤矿的调查，向外界发布了山西煤矿之富冠于全球的报道，轰动了世界。

第六次是1871年6—8月。

第七次时间从1871年9月—1872年5月，是旅行时间最长的一次。这次考察以对三峡地区的地质观察最详细，收获最大。

李希霍芬在考察过程中，采集了很多标本，并在旅行途中作了大量的观察记录。他把考察过程中的所见所闻及时整理，以信件的方式寄给上海商会。后来根据这些资料汇集成册，于1903年在上海出版，名为《李希霍芬中国旅行报告书》。而后，根据这次中国境内考察的资料，回去做了研究，历时35年才出齐了德文巨著《中国——亲身旅行和据此行作研究的成果》这部简称为《中国》的巨著，第一、



《中国》封面　《中国》扉页

图 2-35　李希霍芬著《中国》封面

二卷由他自己编成，第三卷至第五卷则是由他的学生和朋友编成的。这套书附有地文图和地质图两册。值得一提的是，这两本图册参考了有关文献、各类地图及官方的材料 160 余种，表现了当时对中国地质所能达到的最高认识。见图 2-35。

李希霍芬在中国的实地调查取得了大量的成果。他也因此在国际上名声大震。考察过程中，他对中国的地质矿产、黄土、海洋性质与构造线的分布、对中国的地层、地质做了多方面的研究。其主要成果有以下几方面：

第一，他把在五台山见到的一套受到强烈变质的岩石，判定为中国地层中最古老的地层，命名“五台系”，他认为在这个地层上面很大一段地层是长久的连续沉积，故将这些地层命名为“震旦系”。虽然他的这种认识与今天的研究成果相差很大，但“震旦系”这个名词被保留了下来。

第二，在考察过程中，他注意到中国有非常广大的黄土地区，由此，对黄土进行了深入的观察，首先提出了华北的黄土高原，其成因主要为风化堆积物的认识，同时还提出有湖成的黄土，至今仍有科学价值。

第三，对中国煤田的观察，虽然有夸大之处，并有为殖民主义者服务的因素，但中国的煤矿确实特别的丰富，他对中国煤田的研究，对后来的地质勘查起到了开路的作用。

李希霍芬在地质、地理学的研究中，做出了很大的贡献。他曾历任波恩、莱比锡、柏林大学的教授，柏林大学校长，柏林地理学会主席，国际地理学会主席等职务，1894 年被选为德国科学院院士。

## 张相文


图 2-36　张相文

在中国近代地理学产生和发展的过程中，中国近代地理学萌芽时期的开拓者，地理学家、教育家张相文是非常重要的人物。见图 2-36。

张相文，字蔚西，号沌谷，1867 年 2 月 3 日出生于江苏省桃源县（今泗阳县）的南园。虽然出生农家，但他自幼好学，因家境贫寒上不了学，就经常在劳动之余到村塾的窗下听课。时日既久，塾师被他感动，见其聪明执着，

便允许他免费入学。大凡好学的人都非常勤奋，张相文就属于这一类型的人。他渴望知识，便求教于乡里有学问的前辈，勤奋苦读，博览史传，学业大进。清光绪十二年(公元 1886 年)，张相文参加岁试，获第二名，第二年又参加科试，获一等第二名。因此张相文在乡里声望大增，他便以授徒家教为业。清光绪十九年(公元 1893 年)，张相文在淮滨书院讲学，那年他方 26 岁。据《泗阳张沌谷居士年谱》称："斯时文章之美，江淮莫逮，名声大振"。

1894 年，中日甲午战争爆发，张相文十分关注战事发展，定期购买上海的《万国公报》阅读，还买了一幅《中国全图》挂在教室里，不时向学生们讲解战事战况。正是这种强烈的爱国主义情怀使张相文对地理学产生了浓厚的兴趣。甲午战争失败后，清政府丧权辱国，与日本政府签订了《马关条约》，国内的爱国人士无不痛心疾首。此后，张相文离开了家乡，游学于江南。

清光绪二十六年(公元 1900 年)，张相文任教于南洋公学，结识了章太炎、蔡元培等人，并成为挚友。在爱国进步思想的驱使下，经过章太炎等人的介绍，张相文加入了"同盟会"，积极从事民主革命活动。在南洋公学，他一面进修历史、地理，一面教外院留学班学生的国文和地理课，他还利用课余时间学习日文。学以致用，张相文在学习日文的同时，翻译和撰写了许多哲学、政治、地理和地质方面的著作和文章。1904 年，本着"研究教育改良，图谋进步"的考虑，他和张謇等人在上海组织了教育总会，并提倡在各县成立教育分会。

清宣统三年(公元 1911 年)，张相文任天津北洋女子高等学校校长。在此期间，他与同盟会其他的会友秘密组织了"天津共和会"，曾共同商议策划滦州起义问题，后来因机密泄露，起义未成。"民国"二年(1913 年)建立国会，张相文被选为众议院议员。然而，国会成立不久就被袁世凯解散，为此，张相文秘密南下广州，响应孙中山的号召，参加护法运动。

由此可见，张相文是一位思想进步，爱憎分明的爱国者和社会活动家。当然，张相文首先是一位地理学家和教育家，他在奠基中国近代地理学的过程中做了如下贡献：

**1. 编辑出版我国最早的地理、地质教材**

甲午战争失败后，中国被帝国主义列强瓜分和屈辱的现状，使张相文考虑到一个问题，那些身居要职，行使大权的官员们对国家的疆域版图不甚了解，在外敌入侵之时"坐资强敌，外交失败，边事日亟，虽欲划疆自守，聊固吾圉，而犹不可得。"这种状况是由于爱国主义缺失，科学知识匮乏造成的。因此，他想通过宣传和普及有关疆域、国土、地理方面的知识，唤起国民强烈的民族感和爱国热情。清光绪二十七年(公元 1901 年)，他在南洋公学任教时就编写出版了《初等地理教科

书》及《中等本国地理教科书》。这两种教科书出版后，先后刊印达到200万册之多，是我国第一本地理学教科书。有学者称，张相文编著的各种地理教科书，在唤醒国民精神，进行爱国主义教育，培养地理人才，促进中国近代地理学的兴起等方面，都做出了重要的贡献。

除此之外，清光绪三十四年(1908年)，张相文编写了《新撰地文学》一书。该书写作按照星界、陆界、气界、水界和生物界来开展，其写作体例相当于现在的所谓宇宙、岩石圈、大气圈、水圈和生物圈的地球科学的体系来表达。这在当时的学术界还为数不多。《新撰地文学》是我国第一部自然地理学，为我国地理学研究的嚆矢。不仅如此，张相文还在清宣统元年(公元1909年)参照日本横山又次郎的《地质学》，并参考其他相关书籍编译成《最新地质学教科书》(共4册)。此书也是中国人自己编写的第一部地质学教科书。在张相文出版《最新地质学教科书》之前，曾经有人出版过《地质学》，因为是翻译之作，“例证他国之事，实未是为国民教育之道。”于中国的实际情况作用不大。张相文编译的教科书文笔流畅，取材丰富，被认为是考察地理及研究矿学的善本。当时的学者评价此书为：“张相文出，独树一帜，一切例证悉以中国之事实为本。而张氏新撰地文、地质两书，尤亲切详瞻，诚教育国民之善本，言地质地文者多宗之”。张相文所撰各类教科书，是当时社会需求之所需，不仅在开启教育国民的科学意识方面作用巨大，更是我国近代科学建立之初推动地理、地质学创立发展的强基之作。

2. 创办中国地学会

在科学研究的门类中，一门学科是否成立，这门学科是否存在有利于学科宣传、交流的社会平台——社会研究团体，至关重要。“中国地学会”就是这样的一个平台，其创办人就是张相文。

创办一个有利于地学发展，启迪民智，宣传科学的社会团体，一直是张相文所思考的事情。1909年9月28日，还在天津任北洋女子高等学校校长的张相文，与志同道合者如白毓昆(字雅雨)等人在天津发起成立了中国地学会。见图2-37。这是一件值得庆贺的事情，因为在20世纪初叶的中国，中国地学会的成立，无疑是中国地学发展史上的一件大事，预示着中国的学术界、科学界在积贫积弱状况下，自然科学的研究已积涓流而入国际科学发展的潮流。中国地学会是我国最早的有组织有计划开展地学研究，对外宣传地学研究成果的地学社会学术团体。张相文发起成立地学会

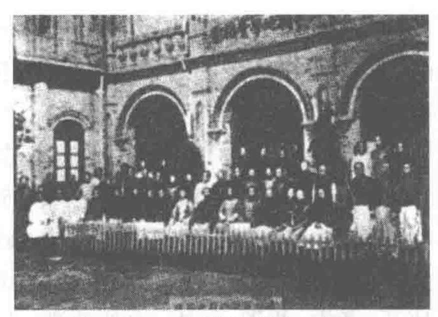


图2-37　中国地学会成立大会

的目的，主要还是从爱国主义思想出发，唤起民众，通过地学知识的普及传播爱国思想，以达到振兴中华的目的。在这样的指导思想之下，张相文以他科学家的胸怀不抱成见，联络各方面志同道合的专家学者，促成了一个人才荟萃的学术团体。在这个学术团体中，有地质学家、地理学家、水利学家、地图学家、舆地学家、方志学家、历史学家、教育学家等等。中国地学会的成立，不仅成为科学家交流的园地，也成为对外宣传的一个重要阵地。同时，张相文还注意沟通与联系外国学者，如瑞典著名地理学家和探险家斯文赫定、日本学者中村久四郎、小村俊三郎、松村太郎等人都是地学会的会员。另外，地学会还不失时机地邀请外国学者到学会做学术报告，如美国人德瑞克、著名地质学家葛利普都在会中作过学术报告。中国地学会成立后，利用各种条件和机会加强中外的学术交流，先后同日本东京地学协会、东京帝国大学、东京帝国大学人类学教研室等单位主办的刊物建立联系，定期进行期刊交流。

中国地学会自1909年成立后，曾因“七·七事变”发生而停止，抗战胜利后又恢复活动，直至新中国成立后的1950年8月，中国地学会和成立于1934年的中国地理学会合并，重组中国地理学会，中国地学会完成了她的历史使命。一位著名的地理学家在评价中国地学会的历史作用时指出：“从20世纪初到30年代，可以说是中国现代地理学的萌芽时期。中国地学会的成立和它的活动，是这个时期的重要标志，而张相文则是这个时期的代表人物。”这是符合历史事实的。

3. 创办《地学杂志》

1910年，即中国地学会成立的第二年，该学会的学术刊物《地学杂志》开始刊行。可以说，《地学杂志》的刊行是清末民初这个历史时期唯一的地学刊物，也是中国的第一种地学学术刊物。见图2-38。《地学杂志》的出版，反映了创办者的学术思想和办刊理念。归纳起来可有以下几点：



图2-38 《地学杂志》封面

(1)综合性的内容。《地学杂志》自创刊至1937年止，共发行了181期，共刊发文章1 500余篇，内容包括各种地质图、矿产图、地形图等140余幅；其文章包括了天文、气象、地质、矿产、地形、水利、交通、民族、人口、探险、地图、考古、旅游、方志、中外地理、人文地理、地理教育等。可以说涵盖了地学研究所能涉及的方方面面。据统计，《地学杂志》撰文者约540余人，其中有如章鸿钊、张相文、张謇、白眉初、翁文灏、章太炎、梁启超、王恒升、谢家荣、李春昱、谭锡畴、竺可桢、徐炳昶、谭其骧、黄国璋等著名学者。由邝荣光编绘的我国第一幅地

质图——《直隶地质图》便发表在《地学杂志》1910 年第一号上。

(2)适应社会发展，传播地学理论。中国地学会经常组织学术报告会，这些报告内容经过整理后大多都在《地学杂志》发表，同时通过中外交流，把能够反映地学发展动态的文章、翻译作品、学术著作及其理论及时刊登在杂志中。据统计，《地学杂志》上发表的翻译文章就有 230 篇之多，而有关学术理论如人类起源、石油成因、黄土形成说、冰川成因与冰期、地形轮回说、气候变迁等等都通过该杂志介绍引进到国内。

(3)关注社会发展，注重国计民生。众所周知，地质、地理、水利等都是关乎国计民生的问题。《地学杂志》对这些问题给予非常的关注，大量刊载有关河流水利、矿产资源、道路交通、行政区划及建置等方面的文章。据统计，该杂志仅刊登水利和有关河流治理方面的文章就有 70 余篇；介绍及论述我国矿产资源的文章达 80 余篇。这足以说明《地学杂志》贯彻中国地学会的宗旨，激励民心、启迪民智、倡导学术、服务社会的初衷。

张相文作为中国近代社会著名地理学家、教育家、社会活动家，在中国近代社会科学发展、社会文明的进程中，发挥了举足轻重的作用，尤其是他那爱憎分明，爱国主义的思想和情怀给后人留下了难以忘怀的记忆。

1933 年 1 月 16 日，张相文去世，时年 66 岁。

## 竺可桢

竺可桢，字藕舫，1890 年出生于浙江绍兴，是我国著名的气象学家、地理学家和教育家，是中国近代地理学和气象学的奠基者之一。见图 2-39。

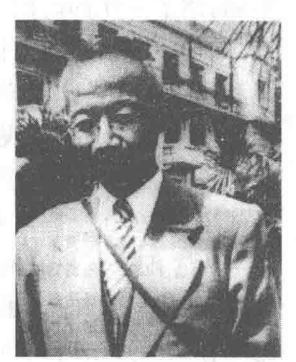


图 2-39　竺可桢

1909 年，竺可桢考入唐山路矿学堂学习土木工程专业，1910 年考取第二期留美庚款公费生，进入美国伊利诺大学农学院，毕业后，转入哈佛大学地学系。在哈佛大学，竺可桢致力于研究与农业关系密切的气象学，学习汲取了现代气象学的理论与方法，为他后来在中国开创气象科学和地理学奠定了基础。1915 年，竺可桢获得了哈佛大学硕士学位后留在该校继续攻读，在 1915—1917 年期间发表了《中国之雨量及风暴说》、《台风中心之若干新事实》等论文，被美国地理学会接纳为该会会员。1918 年，他的博士论文《远东台风的新分类》通过答辩，取得哈佛大学气象学博士学位。留学期间，竺可桢受到了尤里乌斯·冯·汉恩等人学术思想的影响。1918 年回国。

在中国，气象学的研究在20世纪初叶几乎是一片空白，面对这种情况，竺可桢从教育入手，培养中国的气象人才，在一片蒿草之中，开始耕耘这片未开垦的处女地。他先后在武昌高等师范学校、南京高等师范学校任教，讲授地理学、气象学、天文气象学等课程。在没有讲义的情况下，自编讲义，结合当时世界上最先进的地理、气象学说，把新颖、丰富的教学内容传授给学生，深受学生们的爱戴。1920年，在南京高等师范学校的基础上，东南大学开始筹建，竺可桢认为应该在原地理系的基础上，建立一个包括地理、气象、地质、矿物四个学科在内的地学系，其目的是造就知识面广、基础知识扎实，能够在地学范围内进行实际工作和科学研究的地学人才，唯有这样培养出来的人才，方可达到振兴中华、繁荣科学的社会责任和目的。在竺可桢的倡导和精心培养下，中国现代地理学和气象学的发展出现了新的局面。

1928年，受中央研究院蔡元培先生之聘，竺可桢辞去中央大学地学系主任的职务，在南京北极阁筹建了中国第一个气象台和气象研究所，出任第一任气象研究所所长。在1928年以前，中国虽有在建的气象机构，但因国力衰退，科技人员匮乏，实为奄奄一息，名存实亡。而在沿海、沿江口岸及一些岛屿上海关附设的气象测报点，则悉数由外国人控制。筹建气象研究所，建立中国人自己的气象观测台，是竺可桢渴望已久的梦想。他认为，中国的气象事业应该由中国人来进行。为此他倾注了极大的热情，投入了十分的精力，从选址、布局等多方面进行认真地策划，用了一年的时间，就在南京北极阁上，建成了一座先进的气象台，开展了地面、高空、日射、空中电位、物候、微尘观测、天气预报、气象广播、地震测量等项业务和研究工作。气象学的研究是一项实验性很强的科学，大量的资料和数据，都要靠长期不断的实际观测才能得到。因此，建立合理的气象台站网是开展气象研究的基础。1928年，竺可桢提出《全国设立气象测候所计划书》，经过努力，到抗日战争前夕，在全国建立了测候所、雨量站等300余处。这是一项不朽的工作。

为了配合气象站网的建立，竺可桢领导气象研究所办了多期培训班，并亲自编写了《测候须知》、《国际云图节略》等业务指导书，他还拟定了《全国气象观测实施规程》，通过政府颁布，在全国实施。这些基础性的工作，竺可桢花费了大量的精力，其目的是使中国气象事业的发展逐步走向统一而规范化的轨道。从气象研究所成立到1937年，在竺可桢的领导下编纂了《中国之雨量》、《中国之温度》等学术著作，他自己也在研究工作中进行了卓有成效的工作，先后以自己的研究和与他人的合作发表了近20篇论文，其中重要的有《中国气候概论》、《东南季风与中国之雨量》、《中国气流之运行》、《论新月令》及有关天气预报方面的论文《南京三千米高空之风向与天气之预测》等，其中许多方面都是开拓性的研究。

在竺可桢的研究工作中，对中国台风气候与季风气候的研究，在中国的气象科学领域内是第一人。他对台风的重视，早在1913年就已开始了。他的家乡在浙江绍兴，属于多台风区域，对于台风这个自然现象及危害有着深切的体会，他也亲眼看见台风给人民和社会带来的惨不忍睹的灾难。在《远东台风的新分类》和《台风的源地与转向》两篇论文中，竺可桢提出了台风分类的新理论，将台风分为6大类型，即：中国台风、日本台风、印度支那台风、菲律宾台风、太平洋台风和南海台风；除6大类型之外，又分出21个副型。在20世纪初叶，对台风的强度，人们还没有一个公认的量化标准，竺可桢关于台风的分类，以风速等级作为划分台风强弱的标准，为后人研究台风提出了一个可被接受和遵循的概念，这种方法也被移植到衡量温度带气旋的研究中。在当时的条件下，还没有出现像现在这样先进的方法和手段来观测台风，即使如此，竺可桢凭借经验和观察指出了"台风中心，湿度多突增高，温度则剧烈低减，故必有缓和之下沉气流存在。云雨之消散与风速之衰减即系于此"的论断。这一论断被后来现代化的观测证实了。对于季风气候的研究，也是竺可桢对气象学研究的贡献之一。在我国，季风是最重要的气候现象，这种现象基本决定了我国雨季的形势，它的变化主宰了我国旱涝的情况。1916年，还在竺可桢留学期间，就对此给予了极大的重视，进行了研究，发表了《中国之雨量及风暴说》一文。在文中，他阐述了季风是由于海陆热力性质的不同而出现的产物，此项研究对我国的雨量分布有着极其重要的意义。1933年，在《中国气流之运行》一文中，竺可桢分析了我国地面气流和高空气流的四季变化及特点，指出制约我国气流的四大方面：西伯利亚高压、印度低压、北太平洋高压和阿留申低压。而冬季季风主要是受西伯利亚高压制约下的气流，夏季季风则是北太平洋高压和印度低压制约下的气流，由此形成了我国最早的季风气候学理论。

竺可桢指出："一个地区的物候历，只要一个普通受短期训练，从一小块地面上，持之以恒进行观测便可作出。……这比单纯依靠有关节气的农谚来预测农时，更为确实可靠。"国计民生，尤其是农业与气象的关系，是竺可桢历来极为注意的方面，他也为此进行了长期的物候观测研究。他自美国留学回来的第二天，就开始了物候观测研究，自1939年始，他在我国组织物候观测，从1921年至1974年逝世前一天，数十年如一日，从未间断。1962年组织了全国的物候观测网，通过长期的观测研究，他主持编写了《物候学》一书，还在《一年中生物物候推移的原动力》一文中，通过气候环境与动植物体内因素之间的相互作用与影响的关系上，探讨生物物候的变化。他全面论述了物候学发展的历史过程，并概括了基本原理，总结了研究方法，奠定了我国物候学的基础。

竺可桢在我国气候学、地理学方面的贡献是重大的，对中国的气候分区、气象

变化及物候学等方面的研究都有重要的贡献。1963 年,他发表了《论我国气候的几个特点及其与粮食作物生产的关系》一文,从光能在作物产量形成中的作用,温度降水对粮食作物的影响诸方面进行了论述和分析,科学地指出了我国粮食作物的生产具有的潜力和发展问题。

竺可桢的学术成就是多方面的。他的工作得到了中国科技界的公认。1948 年被选为中央研究院院士。中华人民共和国成立以后,他长期领导中国科学院的工作,任中国科学院副院长、地学部主任、自然科学史委员会主任,倡导并组织了中国地学、生物学、天文学、自然资源综合考察及自然科学史的研究等多项活动和工作,主编了《中国自然区划》、《中国自然地理》等丛书,是深受人们尊重的我国现代科学家。1974 年竺可桢逝世,终年 84 岁。

# 五、中国近代地质科学



科学意义上的地质学——近代地质学产生在欧洲。近代地质学在中国的出现是中国近代社会发展的产物。

公元1400年左右，中国还处于封建制的明帝国时期，公元1600年左右，中国仍处于封建制时代，只不过已经改朝换代，清帝国代替了明帝国。在这200多年间，中国的封建制统治正在经历着前所未有的挑战。与东方封建帝国正在步入落日的黄昏相反，西方在发展资本主义的道路上正在摆脱中世纪的黑暗，用一种全新的努力挥抹出近代科学与革命的新曙光。

14世纪，发端于意大利的文艺复兴运动开启了一个新的时代。科学文化在"复兴"的运动中为近代科学的产生奠基铺路，科学摆脱了宗教的控制成为推动社会发展的动力；18世纪工业革命的出现顺应了资本主义经济发展的客观要求，标志着机器工业时代的来临，对近代科学的发展起到了重要的助推和引领作用。1830年，英国地质学家莱伊尔出版了他的著作《地质学原理》第一卷，提出了"将今论古"的比较地质学方法，受到学术界的重视，继而，在1832—1833年，《地质学原理》第2、3卷也分别出版，莱伊尔提出了他认识地质历史的"渐变论"观点。他在阐述地质演化理论的同时，还将历史、发展的思想带入地质学的研究中，并对达尔文生物进化的思想产生了影响。因此，我们说莱伊尔和他的《地质学原理》完成了地质学发展史上的一次理论综合，标志着近代地质学的建立。这一时期与西方不同的是，中国还在封建制的酣梦中沉睡，当醒来之时，世界的格局已经改变了，在西方列强对外扩张、侵略的重压下，中国古代原有的封建秩序也被迫打乱。1840年鸦片战争后，保守落后的清帝国成了西方列强弱肉强食的对象，纷纷以武力侵入中国。在这种掠夺与瓜分的狂潮中，中国逐步沦为半封建半殖民地社会。中国近代史在令中华民族痛心疾首的屈辱中拉开了序幕。

在这种情况下，中国社会在被动状态下被强行拉入世界资本主义体系，成为资本主义市场的原料供应地。与此同时，面对西方列强的强盗行径和中国社会的发展出路，一些有识之士，分析形势，呼唤民族自强，在洋务运动的刺激下，民族资

本发展起来，发展矿业，兴办近代工业推动了中国早期工业化的进程。西学东渐促进了西方先进的科学文化的输入，客观上加快了中国近代化的进程。正是在这种情况下，中国近代地质学孕育产生了。

## 西学东渐的催生作用

古代中国曾经在观察自然界的物质运动过程中积累了大量而丰富的地质知识，也出现了对于宇宙、生命起源等多方面科学命题的认识和理论，但由于历史的原因，自鸦片战争以后中国沦为半封建、半殖民地的社会。这种变化，客观上决定了近代地质学在中国的出现具有自身的特点。

明朝末年，中国已经出现了资本主义萌芽，当时的学术界思想渐趋解放，经世致用的思潮更是影响了社会风气的转变，一些敏感于新生事物的有识之士思想活跃，一些先进的知识分子也把注意力转向社会所需的生产技术的研究和自然规律的科学探索。出现于16世纪末的“西学东渐”，在中国历史上是一个重要的事件。这一时期，欧洲资本主义经济的发展，加快了资本主义殖民扩张的步伐，从1583年天主教耶稣会传教士利玛窦来华开始，耶稣会传教士被派来中国，他们的东来，在布道的过程中传播了西方的科学技术和文化，并对中国的学术思想、文化领域产生了影响。如果明末时期在资本主义萌芽和西学东渐的交映下，中国进一步推行开放政策，吸纳先进的科学技术和文化思想，中国的发展可能不会是后来的样子。

1840年鸦片战争之后，西学东渐再次出现。然而，这次的西学东渐对中国人来说是被动的。因为在民族蒙受耻辱的时刻，传统的文化和科学思想无法与近代科学文化抗衡，是不得已而为之的事情。西学东渐影响到了中国文化的近代转型，在和西方列强的交锋中，清政府和一些主张洋务的官僚看到了中外在实力上的差距，由此掀起了兴办洋务的热潮，其目的是推行“中学为体，西学为用”的思想，采取“以夷人之技以制夷”的策略，苟延封建统治的命运。在洋务运动中，中国近代矿业随之而生。可以说，清政府被动地调整治国方略，无奈地推行西学东渐和洋务运动，客观上为地质学在中国的发展提供了机会。

**1.开设新学堂兴办教育**

1862年，京师同文馆在北京成立，这所学校的开办是我国的教育体制由封建制教育向近代科学文化教育转变的一次尝试。1860年，英法联军攻陷北京，清政府朝野震惊，情急之下，面对列强的入侵，认为：“大沽未败以前，其时可剿亦可抚；大沽既败而后，其时能抚而不能剿，至夷兵入城，战守一无足恃，则剿亦害，就两者轻重论之，不得不权宜办理，以救目前之急”。奕䜣等人上奏，提出六条措施，以解

燃眉之急。其中第五条,建议在国内寻找"认识外国文字,通解外国言语之人"以便于在处理外交事件时充当翻译之职。还以俄罗斯文馆设立受到启发,试图设立同文馆,"闻广东、上海商人有专习英、法、美三国文字语言之人,……每省各派二人,共派四人,携带各国书籍来京,并于八旗中挑选天资聪慧,年在十三四以下者各四五人,俾资学习。……俟八旗学习之人,于文字言语悉能通晓,即行停止。"这就是京师同文馆建立的原因。这所学校的设立,最初表现为清政府头疼医头的初衷,以培养翻译人才来解燃眉之急为目的的。然而同文馆在当时极为复杂的社会状态下设立,实际上这所学校的性质是中国近代以"中学为体,西学为用"为宗旨,吸收西方先进文化、科学为目的的学校。这也使同文馆成为中国近代官办教育事业的嚆矢。此后,又相继开办了上海广方言馆、广州同文馆。同时,一些实业技术学校也相继开办,如:福建马尾船政学堂、天津水师学堂、天津武备学堂、江南机械局附设的机械学校等。见表 2-3。

**表 2-3　戊戌前洋务学堂简表**

| 学校名称 | 地点 | 创立时间 | 创办人 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 京师同文馆 | 北京 | 1862 年 | 奕䜣 | 1898 年归并入京师大学堂 |
| 上海广方言馆 | 上海 | 1863 年 | 李鸿章 | 1898 年与江南制造局所属炮队营归并,改设为江南工艺学堂 |
| 广州同文馆 | 广州 | 1864 年 | 毛鸿宾等奉命创办 | |
| 福州船政学堂 | 福州 | 1866 年 | 左宗棠 | 1866 年 12 月开办求是艺局,培养轮船驾驶人员。1867 年分前后堂,前堂为造船、设计专业,并附设艺圃(学徒班);后堂为驾驶、轮机(管理)专业。1913 年,前堂改为海军制造学校,后堂改为福州海军学校,艺圃改为福州海军艺术学校。从创办到 1911 年,共培养驾驶专业学生 242 人,轮机专业学生 205 人,造船专业学生 182 人 |
| 江南制造局附设操炮学堂 | 上海 | 1874 年 | 江南制造局 | 1881 年改为炮队营 |
| 福州电报学堂 | 福州 | 1876 年 | 丁日昌 | 学习发报机的安装、维修,以及收发报 |

（续表）

| 学校名称 | 地点 | 创立时间 | 创办人 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 天津水师学堂 | 天津 | 1880 年 | 李鸿章 | 分驾驶、管轮两个专业。1900 年校舍为八国联军炮火所毁，学生星散，停办。到光绪二十五年第六届学生毕业，共毕业学生 210 名，其中甲午战争前毕业 147 人 |
| 广东实学馆（西学馆） | 广州 | 1880 年 | 张树声 | 刘坤一捐银 15 万两为创办经费。1882 年开学，首招学生 50 名。1884 年张之洞改之为博学馆。1887 年改广东水陆师学堂 |
| 天津电报学堂 | 天津 | 1880 年 | 李鸿章 | |
| 上海电报学堂 | 上海 | 1882 年 | | |
| 金陵同文电学馆 | 南京 | 1883 年 | 左宗棠 | |
| 黄埔水雷局附设鱼雷学堂 | 广州 | 1884 年 | | 1904 年归并到广东水师学堂，改名为水师鱼雷学堂。毕业学生有 5 届，共 19 名 |
| 天津武备学堂 | 天津 | 1885 年 | 李鸿章 | 后来北洋军阀的主要将领大多出自此校 |
| 天津医学堂 | 天津 | 1885 年 | 李鸿章 | 学生员额 20 名。1915 年改为天津海军医学院。总共毕业 16 届，毕业生 218 名 |
| 昆明湖水师学堂 | 北京 | 1886 年 | 奕譞 | 培养满洲贵族的海军人才。1887 年开学，招收学生 40 名，1892 年修业期满，36 名学生被派往天津水师学堂学习。甲午战后，海军衙门裁撤，学校停办 |
| 两广电报学堂 | 广州 | 1887 年 | 张之洞 | |
| 广东水陆师学堂 | 广州 | 1887 年 | 张之洞 | 在原博学馆的基础上改设，初办时，从博学馆学生、北洋武弁、福州船政学堂中选录学生。学生名额：水师、陆师各 70 名，但从未招满。1889 年张之洞曾计划在该校增设矿学、化学、电学、植物学、公法学五科，学生名额各 30，共 150 人。但不久张之洞调任湖广，李瀚章接任，事中止。1893 年分为陆师学堂和水师学堂 |

(续表)

| 学校名称 | 地点 | 创立时间 | 创办人 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 新疆俄文馆 | 乌鲁木齐 | 1887年 | 刘锦棠 | 培养俄文人才。1905年裁并入高等学堂，1909年复设 |
| 台湾西学馆 | 台北 | 1887年 | 刘铭传 | 培养英语人才。1893年裁撤 |
| 珲春俄文书院 | 珲春 | 1888年 | 吉林将军希元 | |
| 江南水师学堂 | 南京 | 1890年 | 曾国荃 | 分管轮、驾驶专业，学生名额各60名，1896年增设鱼雷班。1911年停办，总共毕业学生驾驶专业7届，108人；管轮专业6届，91人；鱼雷专业3届，计13人。以上毕业生都在甲午后毕业 |
| 威海卫水师学堂 | 威海 | 1890年 | 丁汝昌 | 首届招收学生36名，另有10名自费生。专业只有驾驶。1894年第一届学生毕业，计有30人。甲午战后停办 |
| 旅顺口鱼雷学堂 | 旅顺 | 1890年 | | 只有鱼雷专业，甲午战后停办。共毕业学生3届，计23人 |
| 台湾电报学堂 | 台北 | 1890年 | | 学生员额10名。次年即被邵友濂裁撤 |
| 湖北矿务局工程学堂 | 武汉 | 1892年 | 张之洞 | |
| 湖北自强学堂 | 武汉 | 1893年 | 张之洞 | 分方言、算学、格致、商务四斋。但很快张之洞就以算学“中国古法及新译西书书籍较多，可不假道西文”，将算学一斋归并到两湖书院，又以格致、商务两门书籍、人才匮乏，暂时停办，只进行考课。实际只办方言，方言分英、法、德、俄四门，每门学生名额30人，共计120人。1898年又增日文一门。1903年改为普通学堂 |
| 轮船招商局附设驾驶学堂 | 上海 | 1894年 | 盛宣怀 | |

（续表）

| 学校名称 | 地点 | 创立时间 | 创办人 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 山海关铁路学堂 | 山海关 | 1895年 | 津榆铁路公司 | 庚子事变中解散 |
| 江南储材学堂 | 南京 | 1896年 | 张之洞 | 分交涉、农政、工业、商务四门，每门学生名额30人，共120名。1898年刘坤一改之为江南高等学堂 |
| 江南陆师学堂 | 南京 | 1896年 | 张之洞 | |
| 直隶武备学堂 | 保定 | 1896年 | 袁世凯 | 分同文、炮队、步队、马队 |
| 湖北武备学堂 | 武汉 | 1896年 | 张之洞 | |
| 江南工艺学堂 | 上海 | 1898年 | 江南制造局 | 系归并上海广方言馆和由操炮学堂改设之炮队营而成立者，分化学工艺、机器工艺两个专业 |
| 南京矿务铁路学堂 | 南京 | 1898年 | 刘坤一 | |

当时还有一些教会也以传输西方科学为由，建立教会学校。据统计，1877年时，仅基督教在全国各地设立的教会学校就有462所，学生达8 500余人；至1890年学生人数达到16 800余人。见表2-4。

**表2-4 1877—1890年建立的主要教会学校**

| 学校名称 | 地点 | 创立时间 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 贝满女塾 | 北京 | 1864年 | 后发展为贝满女学堂、华北协和女子大学、燕京大学 |
| 蒙养学堂 | 山东登州 | 1864年 | 后发展为登州文会馆、齐鲁大学 |
| 潞河书院 | 通州 | 1867年 | 后发展为华北协和大学、燕京大学 |
| 文华书院 | 武昌 | 1871年 | 后为华中大学 |
| 存养书院 | 苏州 | 1871年 | 后为博习书院、东吴大学 |
| 约翰书院 | 上海 | 1879年 | 后发展为圣约翰大学 |
| 镇江女塾 | 镇江 | 1884年 | |
| 汇文书院 | 南京 | 1888年 | 后为金陵大学 |
| 格致书院 | 广州 | 1888年 | 后为岭南大学 |

19世纪末，清政府国内外矛盾重重，迫于压力，尤其是辛丑条约的签订，迫使清朝统治者在20世纪初进行“新政”改革，先后推行了许多重大改革。如，各省设立学堂；办理京师大学堂；废除科举等等。光绪二十七年(1901年)诏令各地办新式学堂，之后山东、江苏、浙江、河南、两江、直隶、贵州、湖广等地纷纷试办学堂。这些学堂大多将地质学、矿物学、测量学等列为学科专业，使之成为地质教育的学科内容，这标志着近代地质学科在我国地质教育中基础学科的出现和形成。光绪二十八年七月十二日(1902年8月15日)，清政府颁布了《钦定京师大学堂章程》大学分格致、文学、商务、医术等七科，在格致科下所分的六目中，第二目即地质学。同时，在预备科中，也把地质、地理等知识作为重要课程。

2. **派遣留学生**

中国近代，清政府派遣学生到国外留学是一件大事。这一做法不仅打破了中国传统教育的格局，更为引进西方的科学、文化创造了条件。尽管清政府派遣留学生的动机是为了达到巩固封建制政权的目的，但在客观上，派遣留学生到西方先进国家学习近代科技不失为明智之举，中国地质学的产生与这一举措有着很大的机缘。留学之事在当时经过了反复的斟酌、商议，终于促成了首批官费留学生成行。1872年8月，第一批官费留美幼童正式派出。幼童留美从1872年到1875年，分四年选送，每年30名，共计120名。这些幼童出国时的年龄10岁的有7名，15—16岁5名，其余都在11—14岁之间。在早期被选派出国留学的幼童中学习地质矿产的有邝荣光、吴仰曾等人。清政府从1872年分四批选派幼童120名赴美留学，其中50余人分别进入哈佛大学、耶鲁大学、哥伦比亚大学、麻省理工学院等著名学府。到1881年突然以“莫名其妙”的原因全部召回，大部分幼童都是在校生，只有俩人毕业，就是知名的詹天佑和欧阳庚，而大部分都是学业将成。这批被迫回国“留学幼童”共为94人，其中学习地质矿业专业的幼童有15人，回国后从事过地质矿业工作的有邝荣光、吴仰曾、邝炳光、梁普照、黄仲良、陈荣国、罗国贵、唐国安、吴炳荣、辜鸿铭、伍光建、王勋廉、温秉仁、刘冠雄等。其中吴仰曾曾在1886年被李鸿章重新派往英国，进入伦敦皇家矿冶学校完成学业，1890年毕业回国。他是这批留学生中极少数完成学业的幸运者，也是中国最早的完成学业的留学生。20世纪初叶，章鸿钊、丁文江、翁文灏、李四光等人在国外学习地质学，这些先驱学者在中国近代地质学建立中发挥了开创中国地质科学事业的重要作用。

3. **科技书籍的编译**

洋务运动期间，作为向西方学习先进科学技术的重要手段，以自然科学内容为主的科技书籍的编译工作得到重视。这也是推动中国近代地质学产生的重要

因素之一。当时出版科技译著和科技书的部门有:墨海书馆、江南制造局翻译馆、北京同文馆和广学会等。1897—1912 年的重要科技期刊见表 2-5。地质书籍方面,同文馆成立之后至 1867 年江南制造总局翻译馆成立这段时间,从资料方面还没有查找到该馆出版的地学书籍。江南制造局翻译馆成立之后,该馆成为洋务时期第一个,也是最大一个科技著作的翻译机构。据傅兰雅《江南制造局翻译书事略》所述,至 1880 年,江南制造已刊书 98 种,235 本,至 1879 年冬,共售书 31 111 部,计 83 454 本。见表 2-6。在地学方面具有影响的译著有:《地理全志》(1853—1854 年上海墨海书馆出版)、《金石识别》(1872 年江南制造局出版)、《地学浅释》、《求矿指南》(1899 年)、《相地探金石法》等。此外,在 1903 年至 1913 年 10 年间,我国翻译或编译出版的教科书及有关矿物学科普读物的情况如下:

(1)光绪二十九年(1903),京师大学堂译书局译成《中等矿物学》教科书一册。同年,江楚编译官书局出版沈紘译自日文的《矿物学》教科书;

(2)光绪三十年(1904),商务印书馆出版杜亚泉译最新中学教科书《植物学矿物学》和《最新矿物学》;

(3)光绪三十一年(1905 年),湖北师范生根据日本教授讲课笔记编译成《师范教科丛编·矿物学·第十一种》,由藤木兼吉株式会社秀英舍第一工场印刷,交湖北学务处发行;

(4)光绪三十二年(1906),启文出版社出版了钟观浩译的《新式矿物学》一册。同年,江苏师范生根据日本教授讲课笔记编译成《矿物学讲义》,由日本并木印刷所出版。同年,商务印书馆出版了杜亚泉编译的《最新中学教科书·矿物学》,该书至 1913 年 10 月出了十一版;

(5)光绪三十三年(1907),河北译书馆出版了邢之襄译自日文的《矿物学》教科书。同年 9 月,上海商务印书馆出版了《初等矿物界教科书》,该书原著者为日本理学博士横山又次郎,由杜亚泉、杜就田译订,并于 1914 年 3 月再版;

(6)光绪三十四年(1908),商务印书馆印行了杜就田编译、杜亚泉校订的《新撰矿物学教科书》,该书至 1919 年 5 月出到第十版;

(7)光绪三十四年(1908),上海文明书局出版了张相文编写的《地文学》。该书是我国学者编著的第一部地理教科书;

(8)宣统元年(1909),上海文明书局出版了张相文编著的《最新地质教科书》;

(9)宣统二年(1910 年),杨国璋译的《矿物学》被学部批准作为女子高小教员参考用书。同年三月,上海商务印书馆出版了《中学矿物学教科书》,由王季点编译,陈学郢校订,杜就田补订,此书至 1919 年 11 月出了十三版;

(10)宣统三年(1911)四月,马君武译的《矿物学》由科学会编译部出版,商务

印书馆发行，该书原著者为德国胡沙克博士，此书于1923年再版；

(11)1912年，商务印书馆出版了杜亚泉编撰的《矿物学讲义》此书至1916年6月出了三版；

(12)1913年11月，商务印书馆出版了徐善祥编的《民国新教科书·矿物学》，此书1916年8月出了四版。同年1月，陈用光编的《中等博物教科书·矿物学》由科学会编译部刊行(印刷者高不西三)第四版，1915年1月刊行了第六版。

此外，中文报刊有：1853年英国传教士麦都斯创办的《遐迩贯珍》、1857年英国人伟烈亚力创办的《六合丛谈》等。

**表2-5　1897—1912年重要科技期刊一览表**

| 期刊名 | 创刊时间 | 地点 | 主持人 | 主要内容 |
|---|---|---|---|---|
| 农学报 | 1897年 | 上海 | 农学会 | 最早宣传西方农业科技的农业刊物 |
| 算学报 | 1897年 | 温州 | 黄庆澄 | 数学普及刊物 |
| 格致新报 | 1898年 | 上海 | 朱志尧 | 报道、介绍西方最新科学技术 |
| 算学报 | 1899年 | 桂林 | 朱宪章等 | 学术性刊物 |
| 亚泉杂志 | 1900年 | 上海 | 杜亚泉 | 涉及自然科学的各方面，以化学为主 |
| 新世界学报 | 1902年 | 上海 | 陈介石 | 工学、农学、兵学、物理、算学等 |
| 大陆报 | 1902年 | 上海 | 戢元丞 | 西方普通科学文化 |
| 中外算学报 | 1902年 | 上海 | 杜亚泉等 | 偏重数理 |
| 科学世界 | 1903年 | 上海 | 虞和钦等 | 内容广泛，数学、物理、化学、动植物等 |
| 宁波白话报 | 1903年 | 上海 | 松隼等 | 有关实业、格致等 |
| 实业界 | 1905年 | 上海 | 美洲学报社 | 商业、农业、工业 |
| 湖北农会报 | 1905年 | 武昌 | 湖北农务总会 | 研究农学、改良农业、补助农政 |
| 北直农话报 | 1905年 | 保定 | 保定高等农业学堂 | 相关农业诸如农业、畜牧、气象等 |
| 理学杂志 | 1906年 | 上海 | 薛蛰龙 | 普及各种自然科学 |
| 学报 | 1906年 | 上海 | 何天柱 | 综合性普及刊物，包括新学旧学、中学西学 |
| 科学一斑 | 1907年 | 上海 | 曹祖参 | 有关自然科学的各种知识 |
| 理工 | 1907年 | 上海 | 宾步程 | 输入理工两科知识，文章横排 |
| 实业报 | 1907年 | 广州 | 曾公健 | 相关农业、工业、商业等知识 |

（续表）

| 期刊名 | 创刊时间 | 地点 | 主持人 | 主要内容 |
|---|---|---|---|---|
| 农工商报 | 1907 年 | 广州 | 广东农工商总局 | 开通风气、挽回利权，后改为《广东劝业报》 |
| 医药学报 | 1907 年 | 日本千叶 | 留日学生 | 留日学生组织的中国医药学会机关刊物 |
| 震旦学报 | 1907 年 | 北京 | 北京作新社 | 设格致、心理学、数学等栏目 |
| 汇报科学杂志 | 1908 年 | 上海 | 天主教创办 | 设天文、地理、算学等栏目 |
| 数理化月志 | 1908 年 | 上海 | 集成图书公司 | |
| 卫生白话报 | 1908 年 | 上海 | 卫生白话报社 | 卫生知识 |
| 学海 | 1908 年 | 日本京都 | 北大留日学生编译社 | 涉及理工农医各科 |
| 绍兴医药学报 | 1909 年 | 绍兴 | 神州医药绍兴分会 | 宣传中医刊物 |
| 中西医学报 | 1910 年 | 上海 | 丁福保 | 早期中西医兼论的重要期刊 |
| 地学杂志 | 1910 年 | 天津 | 张相文等 | 刊载有关地学研究成果 |
| 实业杂志 | 1912 年 | 长沙 | 长沙实业杂志社 | 除抗战停刊外一直出版至 1948 年 |
| 群学会杂俎 | 1912 年 | 上海 | 王宗毅 | 设有自然科学栏目 |
| 铁道 | 1912 年 | 上海 | 中华民国铁道协会 | 有关铁路的科技知识 |
| 数学杂志 | 1912 年 | 南通 | 崔朝庆 | 国内外数学论文 |
| 农林公报 | 1912 年 | 北京 | 农林部 | 相关农林的公牍、命令、报告及调查研究等 |

**表 2-6　江南制造局翻译馆所译书籍门类表**

| 门　　类 | 已刊 | 未刊 | 未译全 | 已译出 |
|---|---|---|---|---|
| 算学测量 | 22 部，计 52 本 | 2 部，计 8 本 | 3 部 | 计 5 本 |
| 汽机 | 7 部，计 17 本 | 3 部，计 6 本 | 1 部 | 计 2 本 |
| 化学 | 5 部，计 19 本 | 1 部，计 1 本 | 1 部 | 计 4 本 |
| 地理 | 8 部，计 12 本 | | 2 部 | 计 9 本 |

（续表）

| 门　类 | 已刊 | 未刊 | 未译全 | 已译出 |
|---|---|---|---|---|
| 地学 | 5 部，计 20 本 | | | |
| 天文行船 | 9 部，计 27 本 | 3 部，计 4 本 | | |
| 博物学 | 6 部，计 14 本 | 4 部，计 5 本 | 1 部 | 计 1 本 |
| 医学 | 2 部，计 8 本 | 1 部，计 6 本 | 2 部 | 计 10 本 |
| 工艺 | 13 部，计 15 本 | 9 部，计 26 本 | | |
| 水陆兵法 | 15 部，计 41 本 | 9 部，计 26 本 | 2 部 | 计 2 本 |
| 年代表、新闻纸 | 6 部，计 10 本 | 1 部，计 1 本 | | |
| 造船 | | 3 部，计 13 本 | 1 部 | 计 1 本 |
| 国史 | | 5 部，计 18 本 | | |
| 交涉公法 | | 2 部，计 26 本 | | |
| 杂书 | | 2 部，计 2 本 | | |

## 外国人早期在中国的地质考察

鸦片战争后，帝国主义列强侵入中国，我国的门户洞开。他们开发矿山，修筑铁路，办航运，建工厂。据丁文江《外资矿业史资料》统计，自清光绪二十四年(1898 年)至“民国”三年(1914 年)，外资在华矿业公司达 19 家，涉及煤、铁、铅、铜、金、石油等矿产。由此一来，对矿产资源的需求成为首要，对矿产资源的调查与勘探也被提到重要地位。西方主要资本主义国家纷纷派遣一些地质、地理人员来华进行地质、地理及其矿产资源的考察，因为那时中国没有自己的地质工作人员，所以外国学者在我国进行了最早的地质调查和勘测工作。1840 年至 20 世纪初，外国来华考察人员数以百计，他们在中国国土范围内考察，范围遍及内地及边疆各地，获取了大量地质、地理等方面的考察资料。他们所做的工作总的来说是为帝国主义的侵略服务，但在客观上却在中国传播了地质科学，并通过他们的调查积累了一些地质资料，为地质学在中国的发展作了准备。

其中影响较大的有：

(1)英国人金斯米尔(1837－1910)，1861 年来华，曾对大运河北段做过测量工作，因而对我国黄土做过调查与研究，力主水成说，反对风成说。返国后，于 1888 年 12 月 23 日在伦敦地质学会做过“中国之地质”专题报告。

(2)美国地质学家庞培勒(1837—1923),1863年来华,1865年返美,1866年发表在华的地质考察报告《1863—1865年在中国蒙古与日本之地质研究》;在考察中,他发现我国东部沿海山脉走向呈北北东—南南西,从山体结构上看,这是一种极独特的现象,他从"黄陵背斜"概念得到启发,把这个构造线命名为震旦向,也称为"震旦上升系",创用了中国地质构造学上一个专用术语,影响深远。

(3)德国学者李希霍芬(1833—1905),他1868年再次来华,精心设计了7条考察路线,遍及我国18个省区,从1872年回国,到1882年,共出版3卷集《中国》,另有两卷图册。他把"震旦"一词引入中国地层系统,建立了"震旦系","五台系"。

(4)美国地质学家维理士(1857—1949),1903—1904在华进行地质考察,于1907—1913年发表《在中国的研究》。

(5)奥匈帝国时代的地质学家洛川,1877—1880年在华进行地质考察,1893—1899年发表《施欣尼亚洲东部科学考察报告》,共三卷。

(6)俄国地理学家、苏联地质学家奥布鲁契夫(1863—1956),从1892年开始曾4次来华,对我国东北西北地区地质研究颇有影响,发表有《从恰克图到伊宁》、《祁连山山脉概要》、《中亚,中国北部及中国祁连山》等。

(7)瑞典地理、地质学家斯文赫定(1865—1952),从1885—1930年曾5次来华进行地理地质考察,其中1927年主持"中瑞西北科学考察团"在我国西北地区考察,发表有《穿过亚洲》(1893—1897)、《西藏》(1898)、《横越喜马拉雅山,在西藏的发现和探险》(1909)两卷集等。

(8)德国地理学家斯坦因(1862—1943),于1900年和1906年来西北进行考察,1912年发表《中亚及中国西部探险记》,《沙埋和田废墟记》。

(9)日本人石井八万次郎,三次来华在沿长江、汉水进行地质考察:

第一次于1912年,在大冶、宜昌、三峡地区;

第二次于1913－1914年在汉口、岳州、长沙以及资江流域;

第三次于1915年在应城、鄂皖边界地区;

1910年发表考察报告《楚蜀之山形地质说》。

(10)另外,还有一些组团集体来华进行地质矿产考察的"科学考察团",如:

①1866－1868年,法国儒伯尔特越南考察团,进入中国;

②1877－1880年,匈牙利施欣尼科学考察团;

③1892年,俄国波塔林率领的"蒙古和中国考察团";

④1893年,罗勃罗夫斯基"中亚考查队";

⑤1895年,法国组织"中国经济考察团";

⑥1899 年,俄国普热瓦尔斯基中亚科学考察团;

⑦1899—1901 年,蒙古—西藏考察团;

⑧1900 年,中亚和中国西部考察队(斯坦茵)。

外国学者在中国所做的地质调查工作,通过他们的著作在国际上产生了一定的影响,他们当中的一些人后来成为中国地质学会的通讯会员。

## 早期的地质机构

在旧中国,从事地质调查及研究的全国性机构主要有 3 个,即中央地质调查所、中央研究院地质研究所和矿产测勘处。此外,还有一些专业性和地方性的地质调查和研究机构。

### 1. 中央地质调查所

中央地质调查所是中国建立最早、规模最大、影响最广的地质机构。它对中国地质工作、地质研究、地质人才的培养与团结,均起到了中坚作用。

辛亥革命胜利后的第二年,即 1912 年,"中华民国"临时政府在南京成立。临时政府实业部矿务司设有地质科。在我国政府机构中出现"地质"二字,这是第一次。科长由刚从日本东京帝国大学理科大学地质学科毕业回国的章鸿钊担任。章鸿钊富有爱国热忱,他认为此时正是振兴实业开展地质事业的绝好时机,于是发表了《中华地质调查私议》一文,他痛陈中国地质调查之重要,建议在鼎革之初,随着新兴的国运即开始工作,并提出计划,要求"专设地质调查所,以为经营之基;树实利政策,以免首事之困;兴专门学校,以育人才;立测量计划,以制舆图"。他还代实业部拟订了《调查地质咨文》。

章鸿钊虽提出要办地质调查所,还作了具体规划,但是他担任地质科长一职仅几个月。后来政府北迁,地质科科长一职改由丁文江担任。丁文江早期赴英留学,1911 年毕业于英国格拉斯哥大学,学的是动物学和地质学。回国后不久,于 1913 年初,受工商部矿政司司长张轶欧之邀入京担任地质科科长。

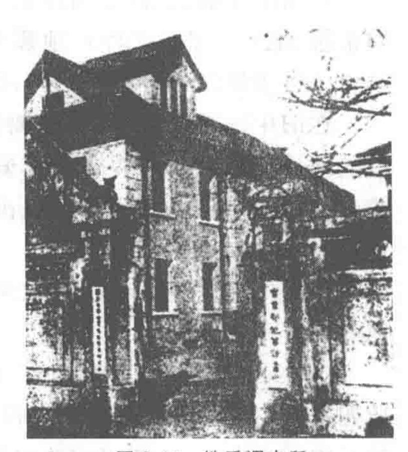


图 2-40　地质调查所

丁文江一上任,就和张轶欧商量,并呈请工商部批准,改地质科为地质调查所(图 2-40),所长丁文江。1914 年 1 月,农林、工商两部合并为农商部,1916 年 1 月,地质调查所一度改称地质调查局,隶属农商部矿政司,司长张轶欧兼

任局长，丁文江任副局长，还聘矿政司顾问、瑞典人安特生任副局长。局下设地质、矿产两股，由章鸿钊、翁文灏分别任股长。同年 10 月，又改回地质调查所原称，丁文江任所长。此时，该所为独立预算单位，再加上当年 7 月得到地质研究所毕业生充实，所以规模初具，组织奠成，正式开始了地质调查工作。中央地质调查所成立后，随着中国社会的变化，至 1949 年时曾多次变更隶属关系。中央地质调查所成立后，由于条件所限只做了一些零星的地质调查，1916 年才正式开展地质调查与研究。随着事业的发展，组织机构也发生了变化，原来只设地质股、矿产股，后来改组为研究室，按专业分工，计有：

古生物学研究室：主任葛利普，副主任俞建章。专重古无脊椎动物研究（1928 年设）。

新生代研究室：名誉主任丁文江，主任步达生（北平协和医学院解剖系主任），副主任杨钟健。专重古脊椎动物研究及古人类研究（1929 年设）。

沁园燃料研究室：主任谢家荣。专重燃料研究及实验。此室代管矿物岩石研究室（王恒升）、化学实验室（金开英）、古植物研究室（周赞衡）、土壤研究室（谢家荣兼）。

地震研究室——地球物理研究室：负责人李善邦（1928 年设）。

另有图书馆和地质矿产陈列馆。

该所早期开展的工作有：测绘地质图、矿产调查、矿物矿石研究、古生物研究、地震记测、燃料研究、土壤调查等。特别是古生物研究方面，葛利普、孙云铸、杨钟健、裴文中等人的研究成果蜚声中外。

该所的出版物有：中国古生物志（四种）（图 2-41）、地质汇报、地质专报（三种）、地震专报、土壤专报等书刊。其中一百多册《中国古生物志》，受到国际地质界的重视。

在旧中国时期，中央地质调查所集中了许多学有成就的地质学家。他们凭着满腔爱国热情，克服了种种困难，为开发祖国地下宝藏，发展祖国的地质事业，做出了可贵的贡献。

中央地质调查所还设立过两个分所，既北平分所和西北分所。



图 2-41　中国古生物志

从 1913 年至 1949 年的 37 年间，曾经作为中国最大的地质机构而存在的地质调查所，其所取得的成就，不仅为中国人称颂，也使许多外国人惊叹。一位美国学者曾说："在 1949 年以前的岁月里，地质调查所成为中国人伟大的骄傲。地质

调查所活生生地说明：只要提供适当的工作条件，中国人在科学成就上就可以同西方国家媲美。"另一位评论者则写道："地质调查所在国际学术界有着其应有的地位，它的学者是知名的，它的杂志被人们广泛阅读，它的研究对发展地球的博物史知识做出了真正的贡献。西方人士把地质调查所称为"民国"时期最出色的科学研究机构。"



2. 中央研究院地质研究所

地质研究所是中央研究院成立之初最早成立的四个研究单位之一。1928 年 1 月，中央研究院地质研究所在上海创建，是当时另一个全国性的地质机构。



图 2-42 原中央研究院地质研究所旧址

中央研究院地质研究所的所长，一直由著名地质学家李四光担任。该所 1932 年迁入南京鸡鸣寺(图 2-42)。该所几经迁址，1949 年后调整为新的地质机构。

以李四光为首的中央研究院地质研究所，人员不多，但都比较精干，是一支学有专长的科研力量。在该所任职的地质专家，上海期间有叶良辅、李毓尧、李捷、徐渊摩、孟宪民、赵国宾、俞建章、斯行健、舒文博、何作霖、陈旭、许杰、刘祖彝、丘捷、喻德渊、张更、李璜、李毅、吴筱明、姜涤玄等。迁南京后，徐渊摩、赵国宾、舒文博、何作霖、刘祖彝、丘捷先后离去，同时新增加部分青年地质人员如张祖还、张文佑、吴燕生、马振图等。中央研究院地质研究所的工作方向，李四光曾明确提出："本所的研究工作，应特别注重讨论地质学上之重要理论，……目的在解决地质学上之专门问题，而不以获得及鉴别资料为满足。"因此，该所对区测填图、资源调查做的较少，地质理论研究工作较多，尤以构造地质(地质力学)、第四纪冰川、古生物研究诸项成绩突出，影响广泛。

中央研究院地质研究所从 1928 年成立起，到 1949 年新中国成立时为止，20 余年中所做的工作主要有：

(1)1928—1929 年，应湖北省政府建设厅之请，派员三个队调查该省各矿区的地质矿产。

(2)1929 年冬，与中央地质调查所合作，派员考察秦岭山脉的地质构造。

(3)1930—1931 年，野外工作，着重于长江下游各省的地质，首先完成宁镇山脉之构造及地史的研究。

(4)1935 年，派两个队到云南，分赴该省西北部，主要任务为考察区域地质及

矿产资源。

(5)1939年,因广西省对煤、铁、锡、铋及钨等矿需用甚急,曾派出数队赴该省各部考察,以求解决这些迫切需要解决的问题。

(6)1942—1943年间,为彻底弄明白南岭山脉及川鄂两省间与湘黔两省间各山脉的地层、构造及矿产起见,曾先后派出几个队赴各山区进行考察,结果得知此等山脉的主要构造线约可归纳为数组:①华夏式褶皱,轴向为北东30—45度;②新华夏式褶皱,轴向为北东18—20度;③东西向褶皱;④弧形构造。

(7)所长李四光创建了一个新的学科——地质力学。研究中得知岩石不仅具有弹性,且具有可塑性;在实验方面,用弹性兼可塑性的物质,加以"水平惯力",可产生某种构造型式。

(8)所长李四光在庐山及其他许多地方发现第四纪冰川。

(9)关于金属矿产方面的研究工作。

(10)关于古生物方面的研究工作。

(11)测绘广西全省比例尺为1:20万的地质图,共36幅。

中央研究院地质研究所的出版物有:

中央研究院地质研究所集刊:创刊于1928年11月,为不定期刊物。至1949年止,共出版12号,刊载该所重要研究成果和一部分调查报告。正文后附有西文的内容摘要。

中央研究院地质研究所西文集刊:创刊于1930年,为不定期刊物。至1948年止,共出版9号(编号9—17),刊载该所重要研究成果,其中多数为古生物方面的论著。全部用西文发表。

中央研究院地质研究所专刊:创刊于1930年,为不定期刊物。该刊分甲、乙两种,甲种共出版7号,刊载古生物方面的重要论著;乙种共2号,刊载地质方面的重要论著。

中央研究院地质研究所丛刊:创刊于1931年3月,为不定期刊物。至1948年止,共出版8号,刊载该所研究人员所作地质调查报告和专题论文,多数均用外文写成。其中第8号为李四光教授六旬寿辰纪念册。

除刊物外,中央研究院地质研究所还出版过几种图书,如《龙潭地质指南》(朱森等)、《庐山地质图》(李四光、喻德渊)、《费氏旋转台工作方法》(何作霖)、《扭秤工作方法》等。

3. *矿产测勘处*

矿产测勘处成立于1940年,1950年宣告结束,前后虽然只有10年时间,但它的影响和贡献,却着实不少。

矿产测勘处初名叙昆铁路沿线探矿工程处，是根据前叙昆铁路矿业合作合同，由资源委员会与有关机关合办，于 1940 年 6 月 15 日正式成立。后来由于国际形势变化，叙昆铁路沿线矿业合作合同暂时无法执行，于是就奉命改组为西南矿产测勘处，于同年 10 月 11 日宣告成立。见图 2-43。其工作范围限于贵州、云南、四川三省。1942 年 9 月，又奉命改组为矿产测勘处，并于同年 10 月 1 日正式成立，从此它的测勘范围，就不仅限于西南三省，而成为一个全国性的矿产测勘机构。只是在抗战期间，工作仍仅限于西南一隅。1945 年秋日寇投降之后，广大失地相继收复，测勘人员的足迹，遍布大江南北，长城内外，成为一个名副其实的全国性矿产测勘机构。


图 2-43　云南昭通李家祠堂西南矿产测勘处旧址

在新中国成立前，矿产测勘处一直为资源委员会下属机构之一；新中国成立后，一度由华东财经委员会工业部领导；1950 年 5 月，改由政务院财经委员会领导；1950 年底由中国地质工作计划指导委员会接管，宣告结束。矿产测勘处处长一职，始终由谢家荣担任。

矿产测勘处的任务，据《资源委员会矿产测勘处组织规程》规定，有下列两项：

(1)举办区域地质调查，勘定矿产分布概况；

(2)搜集有关矿产地质之一切资料，加以整理，以供参考。

矿产测勘处出版的刊物，以《矿测近讯》为主。该刊为月刊，初创刊时是油印的，当时只报道一些地质勘测方面的消息，从 1945 年 11 月份出版的第 51 期起改为铅印，并开始刊登地质探矿方面的论文及报告。

此外，矿产测勘处的出版物还有三种：《临时报告》、《经济地质丛刊》和《年报》。

### 4. 地方性的地质机构

上面介绍的中央地质调查所、中央研究院地质研究所和矿产测勘处 3 个机构，是当时综合性、全国性的地质机构。此外，还有地方性的地质机构。

地方性的地质机构很多，其中以河南、湖南、两广、江西、四川等省区地质调查所做的工作较多。

河南省地质调查所，1923 年成立于开封，是最早建立的地方地质机构。1927 年因经费枯涸而裁撤，1930 年恢复又中止，1931 年恢复，1949 年后并入中南地质局，后归河南地质局。

湖南省地质调查所，1927年3月于长沙成立，是在北伐军革命力量支持下建立的地方地质机构，后得到实业部地质调查所及中华教育文化基金会经费补助。出版有《湖南地质志》、《湖南经济地质志》、《湖南矿业专报》等多册。

两广地质调查所，1927年9月设于广州，隶属广东政治分会，1929年改隶于中山大学，额定技术人员29人，是个规模相当大的地方地质机构。该所刊行年报、古生物志等刊物多种，也有一定影响。1949年后，归并到中南地质局。

江西省地质调查所，1928年设于南昌，初名地质矿业调查所，隶属省府。以资源调查为主，因经费拮据，工作开展困难，勉强维持。1937年改组，称地质调查所，

四川省地质调查所，1937年成立于重庆，是适应抗战形势筹建的地方地质机构。因地处陪都，人才济济，发展较快，工作颇著成绩。出版有《地质丛刊》、《矿产专报》、《西文专刊》、《四川地质图》等。1950年归并入西南地质调查所。

云南省地质调查所，成立于1937年，不久即停办。1942年，西南联合大学地质地理气象学系与云南省政府合作，成立云南地质矿产调查所，1946年后，联大结束，北大、清华、南开三校北返，地质矿产调查所的工作无形中停顿下来。

贵州省地质调查所，成立于1935年9月，原隶属于贵州省政府，1936年秋，改隶省建设厅。1946年，又重新设立地质调查所，地址在贵阳贵州科学馆，所长乐森璕，技术人员仅3—4人。

浙江省矿产调查所，1928年成立。1937年春，曾成立浙江矿产调查团，不久抗日战争爆发，工作停顿。此后，一直到1949年8月杭州解放，才再度成立浙江省地质调查所。

福建省地质土壤调查所，成立于1940年，隶属于省建设厅，所址开始在永安，抗战胜利后迁福州仓前山洋墓顶。

新疆省地质调查所，成立于1943年12月31日，出版有《新疆省地质调查所专利》、《新疆地质调查所地质调查报告》和《新疆省地质调查所地质矿产简报》等。

台湾省地质调查所，成立于1946年，地点在台北北投温泉。日寇占领台湾期间，他们也曾设立地质调查所，属总督府。1945年日寇投降，接收后成立的地质调查所隶属于台湾省政府，该所曾于1947年创办不定期刊物《台湾省地质调查所汇刊》。

## “北京人”的发现

2005年6月10日，北京《京华时报》在头版以醒目标题报道了一则消息：政府牵头寻“北京人”头盖骨。消息报道：

首个以政府名义组建的“寻找‘北京人’头盖骨工作委员会”将于7月2日正式成立，该机构将统一协调寻找丢失了60多年的“北京人”头盖骨。此举将改变寻找“北京人”头盖仅停留在民间组织操作和口头呼吁的状况。

消息还指出：

从7月2日起，政府机构将统一协调寻找“北京人”头盖骨的行动，使民间积极性和政府的有力行为结合起来。在政府部门协调下，对已经有头盖骨消息的美国、日本、韩国和中国大陆进行普遍搜集，不放过任何一条有价值的线索。然后，进行甄别筛选，通过政府力量对有价值的线索追踪到底。每一条线索到了尽头，都会及时向社会发布。

2005年是世界反法西斯战争胜利60周年，世界各国都以不同的方式庆祝发生在60年前这一历史性的胜利，以此缅怀那些为了人类和平而捐躯的英烈，告慰由于战争灾难而死于非命的冤魂，警醒世人为了世界和平要做出长期、积极的努力。战争给人们留下了挥之不去的阴影，它不仅破坏了人类和平，同时也阻碍了科学的发展，给世界文化和人类文明带来破坏性的恶果。发生于20世纪30——40年代的第二次世界大战(1939—1945)，对于当时的中国来说灾难是深重的，在日本法西斯的铁蹄下，中国人民经受着痛苦的煎熬，中国的科学文化教育事业也受到战争所带来的破坏。最令人心痛的一件事，就是1929年中国考古学家在北京周口店发掘的“北京人”头盖骨因战争而丢失。事情的经过和背景大体是这样的，在珍珠港事件(1941年12月7日)之前，日本和美国的关系日趋紧张，为了保护发掘的“北京人”化石，当时中美两国负责周口店发掘的人员经过磋商，并得到了当时国民党政府的批准，决定将“北京人”化石由中国转移到美国。商定后，中国的技工对“北京人”化石进行了包装，将“北京人”头盖骨和山顶洞人的化石包装在两个大木箱之中，移交给即将撤回的美国海军陆战队。1941年12月5日，这支部队乘火车由北京至秦皇岛，准备在秦皇岛港改乘8日到港的美国轮船“哈里逊总统号”返回美国。就在此时，珍珠港事件于12月7日爆发，12月8日，北京、天津等地的美国兵被日军俘虏，而即将随船启航远往美国的“北京人”化石从此下落不明。“北京人”化石的失踪也由此成为一宗悬案。

谈到“北京猿人”发现的经过，我们不得不把历史的时针拔回到20世纪20年代的中国，不得不把目光聚集到中国地质科学历史的童年，也不得不回忆与“北京猿人”发掘有关的几位科学家。这一切都与“北京人”这一辉煌的科学成就相关。

1. **杨钟健**

杨钟健(1897—1979)，字克强，陕西华县人。他是中国著名的古生物学家、地层学家，是我国古脊椎动物学的奠基人。“北京猿人”的发掘工作正是在他的领导

下完成的。见图 2-44。(有关新生代研究室和“北京猿人”的发掘,后面我们还要谈到)


图 2-44　杨钟健

谈起杨钟健,把他作为一名地质古生物学家所取得的成果和对中国地质事业的贡献我们暂且不提,仅就他参加“五四”运动和组织北京大学“地质研究会”的经历来讲,就知道他是一位刚直向上,做事求实的人。1918 年,杨钟健考入北京大学预科(当时的学制规定大学学制为预科三年,本科三年,自 1916 年蔡元培出任北京大学校长,推行教育改革,其中一项就是改变学制,预科改为二年,本科延长至四年,自 1917 年实行)。1919 年,距他预科毕业不到两个月的时候,“五四”运动爆发了。那年他 22 岁,作为一名充溢着激情、激荡着正义进步感的有为青年,他加入了游行的行列。参与了天安门前的集会和游行,目睹了“火烧赵家楼”的一幕,用他的话来说:“到了赵家楼,也随人入内,把一个部长的住宅欣赏了一番。以后楼内起火,大家打了卖国贼一顿。”“五四”运动对杨钟健的影响是大的,从此以后,他更频繁地参与社会活动,接受新事物、新思想。他还对写诗产生了兴趣。在一次到煤矿实习后,他写了一首《矿工》的诗,表达他自己的感受和对煤矿工人悲惨遭遇所寄予的同情:

黑沉沉的许多地洞,
来来往往的几盏小灯,
可怜的许多同胞,
在内作一天十二小时的苦工。
他们一斧斧,一锤锤,
打下来深黑的煤,
供给世人生活上的享用,
增加世人物质上的文明。
但是他们苦极了,
得不到人的快乐,
枉尽了牛马的效用。

他对生活在社会最底层的劳动民众寄予了深深的同情,同时作为一名渴望求知的进步学生,在“五四”运动的影响下,积极投身于激情火热的社会实践,参与多种社团的活动,充分释放作为一名热血青年忧国忧民宣传进步思想的能力。他所参加的社会团体最值得提及的是《共进社》和《少年中国学会》。由于杨钟健文笔犀利,组织能力出众,在团体内很快成为中坚力量。他在担任《少年中国学会》执

行部主任期间，曾因工作之事给当时在湖南长沙文化书社工作的毛泽东写了一封信，目的是请毛泽东补填《少年中国学会》志愿书。他的信发出后，很快便收到了毛泽东的回信。信的全文不妨抄录于下：

钟健先生：

前几天接到通知，知先生当选执行部主任。今日来示，嘱补填入会愿书，今日照填，并粘附小照奉上。惟介绍人系王君光祈为我邀集五人，我现在只记得三人，余二人要问王君才能知道。以后赐示，请寄长沙朝宗街文化书社为荷！

弟泽东廿九

在此之前，杨钟健与毛泽东在北大时就有过接触，但与毛泽东通信则只有这一次，而且是唯一的一次。为此，他一直悉心珍藏着。见图 2-45。

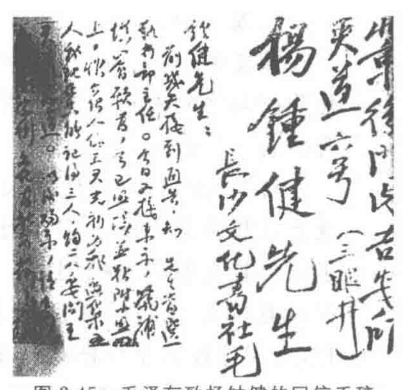


图 2-45　毛泽东致杨钟健的回信手稿

杨钟健北大毕业后就到德国留学去了。在德国慕尼黑大学，他专攻古脊椎动物学。他的博士论文“中国北方啮齿类化石”是中国学者撰写的第一部古脊椎动物学专著。从那时起，在中国，古脊椎动物学及古人类学就和杨钟健的研究与考察及其教育工作联系并发展了起来。杨钟健在留学过程中，目睹西方资本主义国家由于科学文化的发达而社会发展的景象，同时深深感到由于国势衰微，民族不振而带来的在外国人的心目中中国人被不屑一顾的现状，极大地触动了这个年轻人的心，他在回忆录中写道：“睹异国之气象，念祖国之疮痍，国势不振，因之处处遭人歧视。”1924 年，他在地质调查中写了一首《旅中感怀》表达了他的心情与志向。

跑山整七日，风雨一身收。
劳苦我何辞，知识但得求。
国威衰不扬，舌亦失自由。
到处遭白眼，泪同天涯流。
荆棘遍祖国，愧见此河山。
山山草木绿，村村有电杆。
风物虽宜目，繁华陷弊端。
然哪如中国，尚不保治安。
国事嗟如此，忍作袖手观？
此生无所补，空为一青年。

他从此立志以科学救中国，他的认识在当时中国的知识青年中是具有代表性的。因此，科学救国的思想成了当时知识阶层向往真理，相信科学，学以致用报效祖国的动力。1921年，《少年中国学会》发出会员终身事业调查表，杨钟健是这样填写的："终身欲研之学术：地质学——偏重古生物学；哲学——偏重人生哲学；文学——偏重诗歌（旁及）。终身欲从事之事业：调查地质、著述、教育。备考：预定12年（1923年）毕业北大地质系后再留学四五年。"回看杨钟健的一生，完全实践了自己的设想和愿望，真可谓言必行，行必果。

杨钟健回国以后，即进入了中央地质调查所新生代研究室，具体主持周口店古人类化石的挖掘工作。1979年1月15日，杨钟健因病在北京逝世，终年82岁。

2. 裴文中

裴文中（1904—1982）字明华，河北省丰南县人。他是我国著名的考古学家和古生物学家，在国际学术界享有盛名。见图2-46。


图2-46 裴文中

自20世纪30年代以来，每当人们提起"北京猿人"就会提起裴文中的名字。因为，震惊世界的"北京猿人"正是由裴文中亲自挖掘的。然而，作为一名享誉世界的古人类学家、考古学家，他在最初参加周口店发掘工作之时，甚至连什么是脊椎动物化石都不知道。

裴文中是一位有着强烈爱国主义思想，而且才华横溢的青年。早在1919年全国掀起"五四"反帝爱国运动的时候，他正在滦县师范学校读书，滦县师范学校师生积极响应"五四"运动，裴文中就是运动的领导人之一，带领师生街头宣传，声援北京的学生运动，为此被校方开除（被开除的共有10人）。后来，裴文中等人一方面通电省教育厅，一方面与校方交涉，展开说理斗争。最后，他们的行动迫使校方收回成命。1921年他从滦县师范学校毕业，考入了北京大学预科，1927年北京大学地质系毕业。他在北大读书期间，经常写一些杂文、政论和小说发表，有一篇名为《戎马声中》的小说在晨报副刊上发表后深得鲁迅的好评，认为是"乡土文学"的一种。当时他的志向是立志于办报和从事于新闻事业。

北京大学毕业后，裴文中没有找到就业的机会。直到1928年，在地质调查所翁文灏的帮助下，裴文中到正在进行考古发掘的周口店去工作，其职责是管理工人和一些其他杂务。裴文中有很好的组织能力，对工作认真负责，在工作之余他认真向瑞典古生物学家布林学习有关脊椎动物化石等方面的知识。没想到，这样一个偶然的工作机会，在他的努力下成就了一位著名的科学家。

从1929年开始,裴文中负责周口店的发掘工作,在1929年12月2日下午,他亲手挖出了北京猿人的第一个头盖骨,他的发现震惊了中外学术界。1930年,为了表彰他的贡献,中国科学社授予他金质奖章。裴文中还自学史前考古知识,开始研究中国猿人文化,与旧石器考古学结下了不解之缘。翁文灏曾评价裴文中说:"这五、六年中,裴先生既在山上实地挖掘,又在室内专心研究,从不识猪牙、鹿牙之人,一变成为古生物专家,世界学者莫不闻之大名,这需要何等份量的努力用功,方能达此境地。"裴文中就是靠着刻苦的学习,艰苦的努力一步一步地走向了成功。他的成长道路为有志成才的青年们提供了很好的借鉴。1982年9月18日,裴文中在北京去世,终年79岁。

裴文中逝世后,为了表达对这位科学家的怀念,中国科学院古脊椎动物与古人类研究所在周口店北京猿人展览馆内为他建造了铜像。1989年,为纪念中国猿人第一个头盖骨发现60周年,人们又为他建造了铜像,陈放在北京自然博物馆内。

3. **步达生**

步达生(1884—1934),加拿大学者,1906年毕业于多伦多大学医学系,后攻读解剖学。他的研究是专门进行人脑比较解剖学。1919年,他应邀来到中国,任北京协和医院教授,1921年任解剖学系主任。见图2-47。他对安特生在北京周口店的研究工作十分关注,对周口店发现的原始人类牙齿化石更是感兴趣,为此,他专门写了一篇论文,并把论文的重点内容发表在世界学术界影响非常大的两个刊物,一个是英国的《自然》杂志,另一个是美国的《科学》杂志上,其目的就是为了引起世界的注意。



图2-47 步达生

1926年,步达生和丁文江、翁文灏进行了长时期的筹划、协商,决定由北京协和医院和农商部地质调查所合作,成立新生代研究室,步达生任研究室名誉主任。当然,新生代研究室成立时已是1929年春天了。但是周口店的发掘与研究工作从未间断。

步达生是一位非常敬业的科学家,他在参与周口店北京猿人化石的研究与鉴定工作中废寝忘食,1934年病故于北京协和医院解剖系的工作室里,时年50岁。

步达生生前,中国地质学会为了表彰他在周口店北京猿人研究中所做的贡献,1931年授予他葛利普金质奖章;中国科学社也授予他金质奖章;英国皇家学会接纳他为皇家学会会员。

4. 新生代研究室

前面我们谈到的人物都与周口店，都与“北京猿人”相关。更为重要的是，这些人物都与成立于 1929 年的新生代研究室相关。可以说，没有新生代研究室的存在，将很难在当时的社会状况下出现中国学术界轰动世界的事件。因为周口店“北京猿人”的发现是在新生代研究室这个组织机构中，集中了中国地质学家的智慧，体现了中外科学家在友好合作，互相配合、共同努力的过程中完成的。在轰动世界的周口店“北京猿人”重大发现的背后，有关新生代研究室成立的前前后后的故事，则是鲜为人知的事情了。

(1)龙骨与化石

在中国文明的知识宝库中，“本草”一般泛指中药，我国古代有一部书叫《神农本草经》，据说是神农撰写。神农是中国远古时代传说中的一位人物，他有很多的发明创造，相传他把木料经过砍、削等方法制作成可以用来挖土、锄地的木制农具，他还教人们种植五谷。他还有一大功绩，就是亲自尝试天下所生长的植物，后人称为遍尝百草，从而发明了医药。后人把中药或有关中药的书籍称为“本草”，而关于这方面的研究则称为“本草学”。可能有人会问，古人类化石和中草药有什么关系呢？这个问题提得很好。我们要谈论化石，不可避免地要谈到龙骨，而谈到龙骨就要谈到中药。因为龙骨在中国是被作为一味药材而列入中药的名单中的。李时珍的《本草纲目》中就有这方面的记载。据中国历代医药学家的研究，龙骨的药理作用是很多的，据说龙骨可以治疗健忘症、遗精、伤寒、男女溺血、小儿脐疮、阴囊汗痒等多种疾病。在 20 世纪初期，龙骨作为一味中药，每年的出口量达到数十万斤。这种被作为药材的“龙骨”实际上就是古生物的动物化石。这种动物化石在我国被发现的时间是很早的，但过去从未把它们当作哺乳动物化石看待。

最早把“龙骨”作为古哺乳动物来进行研究的是一位英国人，叫理查德·欧文，1870 年，他根据获得的“龙骨”写了一篇关于在中国发现哺乳动物化石的论文。1899 年，一位叫哈伯勒的德国驻北京公使馆官员，对“龙骨”非常感兴趣，在上海、宁波、宜昌和北京等地收购了一些“龙骨”，寄给了德国的一位古生物学家施罗塞。施罗塞是德国慕尼黑大学一位著名的教授，以研究古脊椎动物著称。施罗塞在 1903 年出版的报告中宣布了他研究“龙骨”的成果。认为这些“龙骨”(来自中国)，实际上是古生物的动物化石，其种类多达 90 余种，其中比较重要的种属有熊属、狼属、剑齿虎、象、犀牛、河马、三趾马、猪、骆驼、羚羊、鹿等等。施罗塞认为在这些“龙骨”中，其中有 1 颗像人的第 3 上臼齿，但在当时他出于科学家的严谨


图 2-48　安特生

并没有给出确切的结论，只是说这可能是猿类，也可能是人类的。施罗塞的研究是认真、客观的，但在当时，他这个很有刺激性的研究报告并没有产生什么影响。

真正在中国以“龙骨”为线索进行哺乳动物化石和考古发掘的人就是我们前面谈到的那位瑞典人安特生。见图 2-48。

(2)寻访周口店发现龙骨山

安特生来到中国是经丁文江介绍的。他到中国之后，在 1918 年的时候听一位化学家说，在周口店有一个化石地点。也就是说，早年经德国学者施罗塞研究的来自中国的“龙骨”并没有得到确切的发现地，所以对此问题感兴趣的人都无从着手进行实地考察。这次不同了，周口店有“龙骨”存在的消息不管真实与否，起码把寻找“龙骨”的线索集中到了一个明确的地点。为此，安特生十分重视，没过多长时间，他借勘察煤矿之便，到了周口店。按照那位化学家指示的方位，在距周口店车站西南的 2 km 的位置找到了这个地点。这个地方的地貌形态基本上是一个土柱，土的颜色是红色的，在土层中保存了不少的动物骨骼。当地人称这个小山为“鸡骨山”。安特生在鸡骨山没有进行更多的实地发掘，就离开了周口店。然而这次初访周口店直接成为后来的周口店古人类考古发掘的开始。

安特生再次考察周口店是在 1921 年。1921 年，经过和翁文灏、丁文江的协商，安特生聘请了奥地利古脊椎动物学家师丹斯基和美国古脊椎动物学家葛兰阶再一次来到周口店“鸡骨山”采集化石。这一次，他们的收获是非常大的。他们在当地采石工人的引导下发现了一处巨大的化石地点，当地人称“龙骨山”。这个地点就是后来发现北京人化石的第一地点。“龙骨山”是一处被放弃的采石场，以前曾是烧制石灰的石灰窑。在这里，他们发现了许多大哺乳动物化石，有一种是很厚的鹿的下牙床，可以分辩宽宽的牙齿，还可以看到差不多是圆形的牙床断面。安特生等人非常兴奋，这些化石他们过去从未见到过，认为这是非常大的收获。安特生仔细地观察龙骨山中堆积的岩石，发现有些岩石不是当地所有，而是外来的。他由此推论，这些外来的岩石极有可能是原始人类使用过的工具，继而推论在“龙骨山”存在找到人类化石的希望。

1923 年，师丹斯基又单独来到了周口店进行化石采集，随后连同 1921 年他们采集的标本，带回到欧洲，交给瑞典的乌普萨拉大学进行研究。20 世纪 20 年代，中国还没有专门从事古生物研究的专门人才，所以这些采集的标本被国外学

者带回欧洲进行室内的清理和鉴定。这也是没有办法的事情。但是，周口店这个名字，随着考古发掘的进展，越来越吸引了全世界的目光。

(3)安特生的演讲

安特生的两次周口店之行极大地激发了他的信心，尤其是那些并非产自当地的岩石碎片，更增强了他的信心。他对助手师丹斯基说："我有一种预感，原始人就在这里。"他以一位科学家和探险家的执着和敏感，预见到了周口店将成为举世瞩目的地方。

1926年10月，瑞典皇太子访华(即后来的瑞典国王古斯塔夫六世，他是一位考古学家)，北京各学术团体开会欢迎这位皇太子。1926年，安特生已经回国，由于皇太子的来华访问，他又随行回到了中国。10月26日，中国地质学会为欢迎瑞典皇太子举行了学术报告会。在报告会上，安特生抓住时机宣布了师丹斯基在周口店的发掘成果，并用幻灯片做了展示(展示了两枚很像人的臼齿的化石)。他的演示和演讲产生了很大的反响，引起了中国学术界的极大关注。并在"24小时之内，变成了世界最注目的科学新闻。"这次演讲起到了两个作用，一是以他们的发现很好地宣传了在周口店进行考古发现的成果和意义，另一方面证明了1903年施罗塞的研究结论，在远东地区确实有人类存在的遗留，而其中一个准确的地点就在中国北京西边的周口店。

安特生讲演过后，一直在关注周口店工作的丁文江、翁文灏等人认为这是一个推动地质调查所对新生代地质、古生物以及周口店堆积进行研究的机会。然而，单靠地质调查所的力量显然是不够的，要促成这件事，必须寻找资金上的支持和有力的合作伙伴。恰好在这个时候，当时任北京协和医学院解剖系主任的步达生站了出来，因为步达生对古人类的研究很感兴趣，表现出了真诚合作的意向。

(4)新生代研究室的成立

丁文江和翁文灏的计划得到了步达生的响应。他们通过反复的协商，达成了合作的初步意向。这个过程可以从1926年10月18日翁文灏回复步达生的一封信件中反映出来。翁文灏在信中说："我收到你的16日的信，对我们过去所讨论的合作，做了概要的安排，对这具有高度科学兴趣的计划我很满意，并感谢给予中国地质调查所很大的支持。我同意你在信中所提的大纲，为了比会谈的更清楚一些再略为申明几点：关于周口店的研究，我完全同意你的计划。为这项研究，中国地质调查所将派一位现在德国学习的中国古脊椎动物学家(指杨钟健)到瑞典了解从前发现的材料和研究情况，以便将来和你所提议的从事这种工作的其他同行更好地合作。必要时，为了地形和地质调查，中国地质调查所还可以提供一、二位

地质学家。中国地质调查所可能资助一小部分工作经费，但是我们都赞成最好是由洛克菲勒基金会的研究部门答应资助全部费用。关于人类和其他遗物的研究成果发表于《中国古生物志》，还要明确交给你的人类骨骼当永远保存在中国，是否由人类生物学研究所来实现此事？……大量从河南、奉天和甘肃发现的人骨架，已得到发现人安特生的同意，归中国地质调查所所有。"通过这封信，我们看到在中外科学家共同协作进行周口店发掘的意向上已达成了初步的共识。翁文灏在信中谈到的有关建议充分反映了我国学术界在中外学术合作中的态度和立场，这就是站在科学家的角度，尊重和维护国家的利益和尊严，一切着眼于中国科学事业的发展，在平等共进的基础上发展人类科学事业。能够做到这一点，在当时积贫积弱，中国社会混乱，政府腐败的状况下是十分不容易的。

翁文灏和步达生的商谈是有成效的，经商定，由步达生去争取美国洛克菲勒基金会的资助，地质调查所和协和医学院合作成立人类生物学研究所。步达生还提出了把位于北京东单三条北京协和医学院对过的小礼堂改为"人类生物学研究所"的建议。这里又出现了一个问题，最初他们商议的是成立"人类生物学研究所"，那么最后为什么叫作"新生代研究室"了呢？据说更改名称的建议是丁文江和翁文灏提出的，认为作为中国地质调查所下的一个分支机构，"新生代研究室"所研究和包括的范围更为广泛。实际上也是这样的。据贾兰坡回忆："从 1927 年到 1937 年日军侵占北京为止的 11 年中，该室在新生代地质学、地貌学、古脊椎动物学、古人类学和考古学等方面做了大量工作，在世界上享有盛名。"1927 年 2 月，双方经过通信的方式签订了"中国地质调查所和北京协和医学院关于研究第三纪及第四纪堆积物协议书"。这份协议书主要有以下内容：

从 1928 年开始由洛克菲勒基金会资助 22 000 美元，作为到 1929 年 12 月 31 日为止的两年的研究专款，中国地质调查所拨 4 000 元补贴这一时期的费用；

步达生在双方指定的其他专家协助下负责野外工作，二至三名受聘并隶属中国地质调查所的古生物学家，专门负责与本项目有关的古生物研究工作；

一切标本归中国地质调查所所有，但人类学的材料在不运出中国的前提下，由北京协和医学院保管，以供研究之用；

一切研究成果均在《中国古生物志》或中国地质调查所其他刊物，以及中国地质学会的出版物上发表。

这份经通信方式鉴定的协议书，无论从当时，还是用现在的认识去看待，都是比较平等和实际的。这与丁文江、翁文灏最初的考虑和设想是基本符合的。从 1927 年 4 月开始，周口店大规模的发掘工作有计划地展开了。直到 1929 年，周

口店的发掘在不懈的努力下由裴文中发现了一具完整的北京人头盖骨，周口店由此名闻天下。

1929 年 2 月 28 日，翁文灏和步达生共同拟定了《中国地质调查所新生代研究室组织章程》，确定由丁文江为名誉主任；步达生任主任兼古人类学家；杨钟健任副主任、古生物学家；德日进任科学顾问；裴文中任采集主任兼古生物学研究员。

然而，新生代研究室建立的具体时间，却没有一个准确的说法。根据翁文灏在 20 世纪 30 年代初期为《中国原人史要》写的前言中所说："鉴于对这些地层感到很大的兴趣，于 1929 年作为地质调查所的一个特殊部门成立了新生代研究室，研究全国新生代地质学和古脊椎动物等，特别是周口店的堆积物。研究室的这项工作和北平协和医学院解剖系合作，经费由洛克菲勒基金会资助。"根据翁文灏的这些文字，贾兰坡在一篇《前地质调查所新生代研究室的建立与发展》的回忆文章中认为，"我们根据这篇前言即以 1929 年为成立期，既无日期，也没有月份。时常以发现北京人头盖骨之日作为假定期。"

新生代研究室究竟成立于何时，尽管有人考证，但说法不一。然而从 1927 年新生代研究室在丁文江、翁文灏与步达生取得意向性的共识之后，周口店的发掘工作即全面展开。从此，中国的古人类研究和考古发掘在有组织、有计划的状态下，进入了一个全新的成就辉煌的时期。

1927 年 4 月 20 日，鉴于安特生发现了一颗人的牙齿，并出于对周口店的关注，丁文江在北京崇文门内的德国饭店为安特生取得的成果和为安特生将离开中国举行了一次宴会。他请的客人有：斯文赫定、巴尔博、德日进、安特生、翁文灏、葛兰阶、葛利普、金叔初和李四光。菜单是为这次宴会特印的，不仅印上了菜名，还印上了一个形似猿人的、被命名为"北京夫人"的头像。参加宴会的客人和东道主都在菜单上鉴了名。

5. *他发现了"北京人"*

1927 年，周口店系统的发掘工作全面展开了。每天投入挖掘的民工有 60 人之多，至 10 月 18 日结束发掘工作的时候，共获得发掘的化石材料 500 箱。最值得关注的是，在 10 月 16 日找到了一颗保存完好的人牙化石。

(1)关于"北京人"的名称

步达生对新发现的这颗人类牙齿非常高兴。他认为这是一颗成年人的左边第一下臼齿，性质和师丹斯基当年发现的那颗臼齿是一样的。步达生随后进行了详细的描述和研究。他根据这颗牙齿的性质及其在地理分布上的意义，建议

建立一个新属新种，即“Sinanthropus pekinensis Black et Zdansky”，中译名为“中国人北京种”，或称“北京中国人”（这个名字，杨钟健在译文时，在“人”字之前加上了一个“猿”字；20 世纪 30 年代裴文中在《中国地质学会志》上发表文章时又译为“北京猿人”。这两个提法最终都没有得到国际的承认）。当时任北京大学地质系教授的葛利普建议用一个通俗的名称“北京人”来命名。因此，“北京中国人”和“北京人”一直被使用。现在国际上承认的是“北京直立人”（Homo erectus pekinensis）。

（2）1929 年 12 月 2 日的龙骨山

1929 年的初冬，下了一场小雪。这场雪提醒在周口店进行挖掘工作的人员应该收工回去过冬了。因为冬季进行挖掘，难度太大了。这时，在周口店从事发掘工作的外籍学者步林已经随中瑞西北科学考察团到西北进行探险考察，杨钟健和德日进则另去它处寻找古人类的遗址，周口店龙骨山的挖掘工作实际上由裴文中负责。冬季已来，挖掘工作进行到了一个关键的时刻。在此之前，经过一年多的工作，在困难的条件下，他们已经开挖完了一层最坚硬的石层，原本以为这一很少有动物骨骼的化石存在的石层可能不会有“北京人”化石留存，很多人建议放弃继续挖掘的工作。但也有人认为应该继续进行，或许在这坚硬的石层下面还有化石，裴文中采纳了后者的建议。当他们挖掘完这一石层之后，下边露出了较软的土石层，里边龙骨很多。这时初雪降临，地质调查所的领导也通知裴文中尽早收工，准备回去过冬。接到通知后，裴文中没有决定立即收工，因为有一种预感在冲击着他：“我觉得只有几颗‘北京人’的牙齿发现，没有重要化石，总不肯死心停工，于是又坚持了两天”。

1929 年 12 月 2 日，裴文中在原来挖掘地段的北面发现了一个很深的小洞，他用绳子把自己系住，拿着手电，亲自下到了这个洞中。令他惊喜的是，里面不仅有很多各种动物的骨骼化石，他还看到了在离洞口不远的地方有一个黑黑的、圆圆的东西，这个东西一下子引起了他的注意。他原已存在的预感强烈地膨胀，他让上面的人把他拉上来，他把在洞中发现的情况告诉了大家，他们十分兴奋，重新扩大了洞口。洞口开大之后：“露出了我方才看见的那个黑黑的、圆圆的东西，原来是‘北京人’的一个完整的头骨。我和工人们都高兴得喊起来。这是一个很完整的头骨，露出了一大半，其余尚埋在坚硬的沙土中。这个时候，天色已经晚了，洞中光线不足，我们点上蜡烛工作，但是还没有掘出来。已到了下工的时候，我怕夜间在野外放着不安全，于是决定用铁撬一下子把这个头骨取下来。我知道，这种方法是危险的，但是时间不允许。果然，用铁撬一用力，北京人的头骨震碎了。

由头骨的破处，我们可以测量北京人的头骨的厚度。我们从此可以知道‘北京人’的头骨，许多部分都厚在十毫米以上，比我们现代人的头骨厚得多。”他们一鼓作气连夜把这个头盖骨挖了出来。

挖掘工作过去了，消息传到了北平，人们自然是喜不自言，但也有人认为裴文中不会有这么好的运气。这个头骨，很可能是近代人的头骨，有可能是从洞口漏入洞中的。过了两天，头盖骨送到了地质调查所，大家相信了这的确是一枚“北京人”的头盖骨，而且是超乎想象的完整。

关于裴文中，著名学者杨钟健在他的回忆录中这样写道：“当我病愈出院，要去周口店时，翁先生（翁文灏）恐我一人照料不周，派一位同事协助，那就是和我在学术上、事业上发生密切关系数十年之挚友裴文中先生。翁先生向我介绍时说：我给你一位成绩最坏的学生。其实后来证明，裴先生的成绩是最好的一位。……裴文中先生在北大时，并未学过脊椎动物化石课和地史近期课程，因葛利普向来教地史只注重古生代，以后甚为简略，所以翁先生令裴先生到周口店工作，本非用其所长。但裴先生到周口店后努力自修，白天在山中工作，认识实际标本，晚上抽工夫自修，把齐特儿教科书当《圣经》一样念，因而他的新生代及古生物方面的知识与日俱增，以后成为名家，此实可谓自力苦学之成功也，并非完全得益于大学教育”。在这里，我们借助杨钟健的回忆及对裴文中的评论，可以想见裴文中在发现“北京人”头盖骨过程中的作用，也可以想见“北京人”头盖骨的发现，绝非偶然。

1929 年 12 月 28 日，地质调查所宣布了周口店洞穴的最新发掘成果，翁文灏高兴地宣布裴文中已于 12 月 2 日发现了“北京人”的头盖骨。1930 年 3 月，位于北平兵马司胡同的地质调查所在陈列馆内开辟了一个专门的陈列室，陈列并对外开放关于“北京人”化石的全部标本以及采自周口店的其他古生物标本。

“北京人”头盖骨和石器及用火遗迹的发现，进一步证明了“北京人”已经会制造和使用石器，知道用火，使世人知道确实有一类猿人曾经是周口店的穴居人，是北京最古老的居民。1936 年，在另一位著名的古人类学家贾兰坡的主持下又发现了三个猿人的头骨，保存也都十分完好。

“北京人”的发现，轰动了世界。这个发现具有划时代的意义。通过这一发现，确定了在人类历史发展的过程中，曾经有过“猿人”（也称“直立人”）的阶段，把人类历史由过去认定的十几万年前推前到五六十万年。证明了在五六十万年以前，人类已经能够在劳动中制造比较复杂的工具，并且已经学会了用火，猎取大型的动物，把人类用火的历史向前推进了四五十万年。通过对周口店地质和古生物的综合研究，使周口店成为华北中更新统地层的标准剖面，把中国第四纪地质的研究提到了一个新的水平。

# 为中国地质科学奠基的科学家

## 1. 章鸿钊

在中国地质科学诞生的过程中，章鸿钊的作用是非常重要的。他是中国地质科学的倡导者和实践者，是中国地质事业的奠基人之一，也是中国地质教育事业的开拓者之一。见图 2-49。


图 2-49　章鸿钊

章鸿钊字演群、爱存，笔名半粟，1877 年 3 月 11 日出生于浙江湖州。他共有兄弟 4 人，姊妹 3 人，他排行第 3。他的父亲开了一个蒙馆，教授学生。章鸿钊 5 岁时就进入了父亲的蒙馆读书，父亲亲授四书五经，声律之学。年龄稍长，约十二、三岁时，父亲又让他阅读《古文观止》、《廿一史约编》、《王船山读通鉴论》等书籍。因此，章鸿钊自幼所学为他打下了坚实的汉学基础。17 岁时，章鸿钊自己研习算学，21 岁时便把自己几年来研习算学的心得写成了《初步综合算草》一册。研究算学，一方面缘于章鸿钊对算学的兴趣；另一方面，他认为算术是研究科学的基础。在自传中，章鸿钊讲："因闻人言，近世西欧，声、光、化、电、科学日昌，而皆以算学为基础，算学又以加、减、乘、除、开方为入门，予乃自念，西人能开辟科学之途，吾侪乃不能循其涂辙，接踵以赴。何东西民族聪明材力相悬乃尔耶？于是始有习算之意。"算学、算术就是现在的数学，章鸿钊研究数学的目标，原来是为日后的科学研究奠定基础而做的准备。

在章鸿钊 25 岁时，以第一名的成绩考取了上海南洋公学开办的东文学堂，并被选中派往欧洲留学。但是，由于章鸿钊的父亲重病不能远行，他便改请赴日本留学，是年 28 岁。1905 年 4 月，章鸿钊抵达日本京都入第三高等学校预备班学习，1909 年毕业后转入东京帝国大学攻读地质学。他为什么选择学习地质呢？据章鸿钊自述："予尔时第知外人之调查中国地质者大有人在，顾未闻国人有注意及此者。夫以国人之众，竟无一人，焉得详神州一块土之地质，一任外人之深入吾腹地而不知之也，已可耻矣！且以我国幅员之大，凡矿也、工也、农也、地文地理也，无一不与地层相需。地质不明，则弃利于地亦必多，农不知土壤所宜，工不知材料所出，商不知货其所有、易其所无，如是而欲国之不贫且弱也，其可得乎？地质学者有体有用，仅就其用言之，所系之巨已如此，他何论焉。予之初志于斯也，不虑其后，不顾其先，第执意以赴之，以为他日必有继予而起者，则不患无同志焉。惟愿身任前驱与提倡之责而已。"章鸿钊所言，句句至理，明心明志。把"身任前驱"与"提倡之责"揽于己身不是妄言。章鸿钊献身地质科学和中国地质事业的行

为，为他的心志做了最好的注释。他在日本东京帝国大学的导师小腾，还有曾教授课业的横山又次郎、神保小虎、山崎直万等学者都是知名的地质学家。尤其小腾先生对他的中国第一位学地质的学生要求甚严，关爱有加，寄予厚望。章鸿钊对业师更是敬佩。1910 年，章鸿钊完成了“浙江杭属一带地质”的毕业论文，于 1911 年毕业。归国前，小腾先生赠言章鸿钊：“君将行矣。君亦知此行所负之责任乎？今世界各国地质已大明矣，惟君之国则犹若未开辟之天地然，而开辟之责其在君乎？君若不学于是则已，既学而归，归而不行其所学，或不尽其职焉，则与已死之陈人无异也。”章鸿钊本以倡中国地质学为己任，又听业师肺腑之言，甚为感动，归国后他把小腾先生之言熟稔于心。章鸿钊学成归国之时已 35 岁。

章鸿钊是在 1911 年归国的。回国不久，他就赶赴北京参加了京师学部举行的留学生考试，以最优等成绩或“格致科进士”。与他同时获得“格致科进士”的还有从英国留学回国，后来和章鸿钊一起为中国的地质事业呕心沥血的丁文江。这个不期而遇的结识，竟是中国近代地质科学诞生的前兆。

章鸿钊留学回国的时候，正是中国近代社会发生剧烈变动的时期。1912 年 1 月，“中华民国”政府在南京成立，在南京政府实业部下设立了一个地质科。当时，与章鸿钊同行留学日本的同学陶俊人任南京临时政府实业部农务司司长，他建议章鸿钊应召到南京。章鸿钊到南京后，经实业部部长批准，任命章鸿钊为矿务司地质科科长。用章鸿钊的话来讲：这是“中国行政界有地质两字之名始此。”这个地质科是我国政府机构中出现得最早的地质机构。章鸿钊虽然就任这个科长，但科中除他之外并无二人。出于中国地质事业发展的大计，章鸿钊就任后就拟文下达各省，征调地质专门人员、地质参考品、各省舆图及矿山区域图说等。他还利用中国地学会的刊物《地学杂志》，撰写了《中国地质调查私议》的文章。在不知地质为何物的中国倡导、宣传地质科学和地质调查的重要性。他还设计了一幅中国地质事业发展的蓝图，提出了他的发展规划。他认为：“亟设局所以为之经略之基，树实利以免于首事之困，亟兴专门学校以育人才，广测量事业以制舆图。”在他的事业宏图中，人才是第一位重要的，应该育人为先，再图事业的发展。只要有了人才，不愁事业不能发展。经过他的精心策划和筹备，1913 年 6 月，在工商部正式成立了培育地质人才的地质研究所。这个地质研究所实际上是我国人创办的第一个地质专门学校，学制为 3 年。该地质研究所为培养地质人才，专门精心安排和设计了周详的教学计划，在课程方面也做了精心的安排。章鸿钊深知，人才培养的关键在于师资，为此，他把目光集中在组建高质量的教师队伍上。1913 年，翁文灏从比利时鲁文大学学习地质归国。翁文灏是中国留学生第一位获得博士学位的学者。章鸿钊闻听此讯，旋即将翁文灏聘为地质研究所的专职教师。同时，他




图 2-50 "地质研究所师弟修业记"封面

和丁文江商议将张轶欧、朱焜、李彬、张景光、沈瓒、王烈、王世澄等人都选聘到教师队伍中来。这所由国人自办,由国人自己授课的专门学校,开创了中国人自办地质教育的先河。这是章鸿钊自归国后在培养地质人才方面所做的第一件事。1916 年,地质研究所培养的学生毕业。这些毕业生只有 18 人之多,然而在中国地质事业发展史上,这些学生成为了中国地质科学和地质事业的开拓者。这是章鸿钊为奠基中国地质科学和地质事业所做的贡献之一。见图 2-50。

章鸿钊对中国地质学所做的贡献,还在于在他的积极倡导和努力下,在 1922 年成立了中国地质学会,章鸿钊任第一任会长。中国地质学会的成立,在中国地质事业的发展和中外地质科学的交流方面发挥了十分重要的作用。

在地质学的研究中,章鸿钊在地质学的研究领域,开展了多方面的研究。如:

(1)在 1926 年发表《从相对说检讨地质的同时》一文,指出在地层对比中,不应以单一古生物为标准,同时要考虑造山期的问题。认为造山运动是划分地史时期的主要根据之一,因为地层对比不能脱离地质构造。由对地学上的时间和空间的问题提出了处理的方法。这个认识对地质科学的基础研究工作具有指导的意义。1947 年和 1951 年,章鸿钊先后发表了《从原子能推导地史晚期地理与地质同时变迁之源》和《造山运动于地史上象征同时之规范并其施于对比之效力》的文章,正确地阐明了时间、空间联系的重要性。

(2)1936 年,章鸿钊撰文《中国中生代晚期以后地壳运动之动向与动期之探讨,并震旦方向之新认识》,阐述了中国的震旦运动。1947 年又撰文《太平洋区域之地壳运动及其特殊构造之成因解》,对太平洋区域的地壳运动提出了自己的见解。

(3)倡导中国地质学史和矿物学史的研究。早在 1922 年中国地质学会成立大会上,章鸿钊所作的演说既为《中国研究地质学之历史》。他列举了《禹贡》、《山海经》等典籍及颜真卿、朱熹等人对海陆变迁的认识,认为这是古代地质思想的根苗。他于 1936 年写了《中国地质发展小史》的著作,记述了中国地质学发展起始历程,以为后人了解、研究中国地质事业发展之用。章鸿钊还十分重视专史之研究,早在 1923 年、1925 年便相继发表了《中国用铅之起源》和《再论中国用铅之起源》的文章,追溯、考证我国用铅之历史,可至公元前 2 世纪。而 1921 年出版的《石雅》一书,更为我国矿物学史研究的开山之作。1935 年,章鸿钊着手撰写《古

矿录》,至 1937 年脱稿,该书的出版则是在新中国成立后的 1954 年。

作为中国地质科学和地质事业的奠基人之一,章鸿钊致力于我国地质科学的发展,亲力亲为,高瞻远瞩,治学严谨,铁血性情,对中国地质科学及地质事业作出了居功至伟的贡献。1951 年 9 月 6 日,章鸿钊因患肝癌,病逝于南京。

1987 年 4 月,中国地质学会地质学史研究会和武汉地质学院召开了纪念章鸿钊诞辰 110 周年大会。并整理出版了章鸿钊的遗著《六六自述》和《宝石说》专著。

2. **丁文江**

丁文江字在君,1887 年生于江苏泰兴黄桥镇。早年留学日本、英国(1902—1911),1911 年获英国格拉斯哥大学动物学和地质学双科毕业证书,留学生涯长达 9 年之久。留学期间,他受到西方现代科学的熏陶,接受了达尔文进化论思想,这对他的科学观的形成具有极大的影响。见图 2-51。



图 2-51 丁文江

在中国现代史上,丁文江以他对现代科学事业的献身精神和卓越贡献而占有重要的地位。他是中国地质科学的奠基人之一。除地质学外,他在生物学,地理学,考古学,测量学,制图学,动物学,人文科学,天文学以及外交,经济,哲学,社会政治,军事等领域都有相当的造诣、研究和涉猎。

丁文江 15 岁时留学日本,在此之前,他基本上对西方的现代科学没有接触。他对现代科学的认识产生于他的留学时期。在留学期间,他在接受科学训练的同时,不仅在自然科学方面,同时在人文,社会科学方面体会到科学精神,即理性的价值。

20 世纪初叶,中国社会刚刚结束了封建帝制踏上民主共和的阶梯,立足未稳又出现了封建帝制复辟的闹剧,继而军阀割据使混乱的政局更为乌烟瘴气。1919 年发生的"五四"运动,为残破的中国带来了"民主、科学"的希望,但是那时的中国,科学并没有成为一种被社会所承认的东西。作为评价社会进化程度的标准,科学的认识"从 16 世纪开始,他们走上不同的道路,问题的基本原因,虽然不是唯一的原因,是西方科学家领悟了实验的方法并加以应用,而东方的科学家却未能领悟它。到 19 世纪末,这种分歧达到了顶点。我们看到一边是工程师和技工同医生和传教士,另一边却还是'愚昧的土著'"。对这段引文我们且不必推敲其用词是否得当,但他却如实地道出了科学能否生根是某个领域或民族兴旺的希望所在。在 20 世纪 20 年代,丁文江同张君劢就科学与人生观的问题展开了一场"科

学与玄学"的论战，勇敢地捍卫了科学在中国的发展。正是通过"科学与玄学"的论战，他告诫了人们，这场论战如果发生在欧洲或许不会掀起这么大的风波，但是在 20 世纪 20 年代的中国，情况就不同了。胡适曾讲："这一篇论战的文章只做了一个'破题'，还不曾做到'起讲'。至于'余兴'与'尾声'，更谈不到了。'破题'的工夫，自然是很重要的。丁在君先生的发难……叫乌烟瘴气的中国知道这个大问题的重要——这件功劳真不在小处！"事实正是这样，由这场争论产生出来的对科学的认识和理解以至于热情，成了当时中国知识界的一股创造性的力量，这也是丁文江之所以维护科学在中国的地位的初衷。"五四"运动在中国起到了反封建文化的作用，而"科学与玄学"的论战，则直接捍卫了科学在中国的传播与发展，丁文江的作用是显而易见的。

丁文江对科学的执着追求，对中国科技事业的开拓、发展投入了他几乎全部的精力。他不仅自己倾心竭力为发展科学去奋斗，同时寄希望于青年。他崇尚科学，并致力于培养有事业心、有能力、有爱国敬业精神的科技人才。

在人才培养的过程中，他选材的标准是：一是能力；二是爱国和责任心。他有计划地安排在国内地质工作中有成绩的青年人到国外去留学，并在所修学科上照顾到国内科研上处于空白和薄弱的方面，以使我国地质人才培养能够在落后的情况下，在国外学术先进的环境中求得一个较高的起点，从而缩小同国外先进科技的差距。他和章鸿钊、翁文灏、李四光等共同筹划中国地质事业的未来，把这种做法作为科学救国的一个具体的计划来实施。正是这种具有战略性的安排和超前的意识，使得中国在产生地质科学的 20 几年后，就在国际地质学界享有一定的影响和声誉。一大批青年科技工作者刻苦学习不计报酬，以国家兴亡为己任献身于科学事业，先后选派留学的有：谢家荣、李学清、王竹泉、叶良辅、李捷、谭锡畴和朱庭祜等人，这些人不负众望，学成后都立即返回祖国投身于中国的地质科学事业，而且都成为地质界之巨子，为祖国的地质事业鞠躬尽瘁。

在地质学界，丁文江给人们留下了深刻的印象，被大家公认为一种"丁文江精神"，几乎所有与他同时代的同人与后人，都被他的精神所影响。有人这样评论他："他是一支火把！他又是一个感情极重的人！以强健不息的精神，用极大的情感来祈求着一个'理性——经验——实用'的哲学，来实现一个进取而不保守的人生。不知必不行，知之必能行。"

在丁文江的一生中，贡献最大并为之献身的是科学事业，他的献身精神集中体现在他为中国近代科学的建立做到了脚踏实地，呕心沥血。

(1)艰苦奋斗，与章鸿钊共同创办地质研究所，培养自己的地质精英。1911 年 6 月，留学日本的章鸿钊回国，在他的策划下，实业部成立了地质科。但成立之

后，这个机构有名无实。章说："那时候万事草创，当局对于地质事业还是纷纭莫决，我便借故离职。这一科的事务后来便归丁文江氏来主持。"丁文江接任后，按原来所设想的方案，经过各方努力，在北京大学地质学门（系）的旧址设立了地质研究所。众所周知，地质研究所成立后，第一大功绩就是培养了中国地质教育史上第一次由中国人自己培养的地质人才。1916 年该所的毕业生 22 人，大部分进了农商部地质调查所，成为中国地质事业的创业人才，第一批精英。在地质研究所，丁文江主讲古生物学和地文学，据朱庭祜回忆："（他）记忆力相当好，对很难记的古生物名词记得很熟，讲解时没有发生错误，科学知识很丰富。"他对学生的要求是十分严格的，他的目的是在最艰苦复杂的环境中培养、锻炼学生们的吃苦耐劳的意志和工作适应能力。"彼所注意者，尤为如何增加学生实地工作之时间与机会，使野外旅行成为必修科目……且任何工作，先生无不以身作则。"

为尽快发展中国的地质科学，培养高质量的人才，需要有高水平的师资力量。为此，丁文江为北京大学在美国聘请了著名的地质学家、古生物学家葛利普教授。在英国聘请刚获得自然科学硕士学位的著名地质学家李四光。葛利普曾这样评价丁文江："在中国推行此等工作（指地质科学），需要经过高等训练之专门人才，造就此等专门人才之教育问题，中国数第一要图，而丁博士最早即献身于此。"我们还可以引用一段文字来形容丁文江对中国地质学的奠基作用："他在中国建设出地质学，至少他是创造了一个可以使地质学在中国发达的环境，可谓功在国家，至今还没有第二个人在提倡科学研究上比得上他。"

(2)对制图学的专注和贡献。丁文江回国后，在旅行考察云贵诸省时意识到一个问题，即中国所使用的中国地图有许多不妥之处，表现为绘制方法的落后和所使用资料的陈旧。但是对于从事地质工作的人来说，绘制地图是十分重要的，没有准确的高质量的地形图就不会有高水平的地质图。1913 年，丁文江同德国学者梭尔格做正太铁路沿线地质调查，亲自绘制了一幅 1/200 000 的正太铁路沿线的地质图，此图虽未公开出版，但后来曾被他人作参考、采用，并印行出版。丁文江深感制图学不能引进现代科学方法的现状，对我国制图学的发展是十分不利的。为此，他于 1934 年与翁文灏、曾士英等人合编出版了中国第一本完备的现代地图册——《中华民国新地图》。此图八开羊皮精装、铜板印刷，内容丰富、图面美观，由申报馆出版，是我国当时最好的大型地图集，在制图界影响了 20 年。在这 20 年中，很多图集图册皆以此图为蓝本，并流传国外。此图作为纪念《申报》创刊 60 周年而出版，震动了我国整个沉寂的地学界，被称为"国内地图改革之第一声"，"成为绝大贡献，可与世界进步之地图并列而无愧色"。图集出版后，在国外被称为丁氏地图。20 世纪 50 年代中印边界谈判时，我国政府即以此图为谈判依

据。直至今天,此图集仍是我们绘制历史地图重要的资料依据。

丁文江学贯中西,但没有一点学术架子。他注重实地调查,在野外调查中的吃苦精神,在地学界是有目共睹、有口皆碑的。由于丁文江为人谦和,在他的周围无论是中国学者还是外国学者,与他共事都能坦诚相见。中国地质事业自开创之初就形成了中外学者共同创业的基础,这种局面与丁文江的作用是分不开的。

丁文江是中国地质学会的创始人之一,曾任该会第二、第六届会长,丁文江长期兼任《中国古生物志》主编,由于他卓有成效的组织与领导工作,该刊在国际地质界享有很高的声誉。

丁文江的求实精神和严谨的治学态度还通过对《徐霞客游记》的编订过程充分地表现出来。从实地考察到整理出版《徐霞客游记》,他用了十几年的时间,这项工作奠定了他在中国地理学上的地位。由于他在编订这本书的过程中所表现出的精神,被人们称为20世纪的徐霞客,他是当之无愧的。

丁文江对科学是如此的执着,他所认定的就一定倾心尽力地去干,他的工作精神开创了一代学风,那就是,凡是于国家、于科学事业有益的事一切从我做起,"从好些方面看,他是一个划时代的人。他可以算是中国提倡科学以来第一个好成绩,……他是开创这种风气并且使之实现的人。"

3. **翁文灏**

翁文灏,字咏霓,1889年出生于浙江鄞县,是我国著名的地质学家、地质教育家。见图2-52。1908年,翁文灏取得官费留学欧洲的资格,进比利时鲁汶大学学习地质学,在鲁汶大学期间,翁文灏选择毕业论文的方向时,针对比利时在地质学研究方面薄弱的岩浆岩岩石学做为自己毕业论文的研究课题,完成了毕业论文《勒辛的石英玢岩》。这篇论文,选题突出,立论清晰,材料丰富,他的研究填补了当时比利时在这方面研究的空白,由此被破格直接授予博士学位,在比利时地质学界引起轰动。那年他才23岁。同时他也成为我国第一位获得地质学博士学位的人。1913年回国。



图2-52 翁文灏

翁文灏是中国地质事业的奠基人之一。20世纪初叶,地质学在中国几乎是一片空白,当时在中国没有专门的地质机构,搞地质工作的人寥寥无几,人才极为缺乏。翁文灏回国后,就和章鸿钊、丁文江等人共同培养了我国第一代地质学人才,成为中国地质科学的奠基人之一。

翁文灏在治学和研究方面都表现出认真朴实的精神,在地质科学的事业上,

作出了重要的贡献。

1927年,翁文灏首先发现和确定了东亚地质历史上重要的地壳运动之一——燕山运动。在地质调查的过程中,翁文灏结合自己调查后所取得的认识,同时分析研究了中外地质学者的研究成果,对中国东部,尤其是六盘山以东华北地区的区域构造特征及构造运动进行了分析和总结。他认为,中国的东部广泛分布着不整合,表现为:前侏罗系与侏罗系底部有些规模较小的假整合,前侏罗系剥蚀在侏罗系和三叠系之间有着不规则的接触,出现三叠系部分或者全部消失,而未被剥蚀的三叠系与侏罗系则以平行的位置出现,二者则没有表现出任何的不整合。他推断,从三叠系与下侏罗系间的间断情况来看,可能有一个不容忽视的运动存在。在中国的东部,地层在下白垩统下,多有不整合,而在河南南部,前白垩纪的不整合尤为明显。由此,他认为这个不容忽视的运动和海西造山期比较则年代太轻,但与喜马拉雅造山期相比,则显然比它要老些。翁文灏为这一运动起了一个名字"燕山运动"。因为这一构造形态是他在北京西山发现的。他将"燕山运动"分为两个时期,A期出现在侏罗纪末或侏罗纪至白垩纪之间,压力最为强烈,造成了华北各地的强烈褶皱和大规模的逆掩断层,同时形成了华北和华中地区许多花岗闪长岩体,一般具接触变质型铁矿床;B期应当出现在白垩纪或者白垩纪末,其运动不如A期强烈,但也构成了华南各地的褶皱出现,包括南岭在内,因此,也称为"南岭期"。B期结果是形成了华南大规模花岗岩体,以及和他们密切相关的各种金属矿床,并形成了华北、华南大规模中性和酸性火山岩。

"燕山运动"理论由于时代的关系,其结论有些是不完全或是错误的。但他创立的燕山运动及与之关联的岩浆活动和金属矿床成因的理论,是对中国地质科学的重大贡献,说明了中国的大地构造学说从一开始就是世界大地构造理论的一部分。其影响是深远的。

1920年,甘肃发生了8.5级的地震,在这次地震灾害中有20多万人死亡。得知这一消息后,翁文灏冒着生命危险前往灾区考察。这次特大地震发生后,"山崩地裂,黑水上涌","每一振动,沙飞石起,树折山崩,城郭为墟,陵谷易位"。震区范围达1 500 $km^2$,有四县城完全被毁。翁文灏等到达灾区后,余震仍然不断,他们在极为危险艰苦的情况下进行考察,获得了大量第一手资料。在灾区,他看到哀鸿遍野,惨不忍睹。他由衷地发出了感叹:"科学知识便是人类的照海灯,需要照得人类平安方见得它的用处。"1921年他发表了《甘肃地震考》,1922年发表了《中国一些地质构造对地震的影响》,1923年发表了《中国地震区分布简说》等论文,成为第一位研究中国地震地质的学者。他参考分析了中国古代有关地震的记载,统计了自8世纪以来甘肃的历史地震资料,指出地震的频度有"由盛而衰,复



图 2-53　鹫峰地震台　1930 年中国自建的第一座地震台

自衰而盛”的周期循环现象。特别指出“甘肃东部震中则颇有旋南旋北,往复运动之趋势”。经过综合分析,他绘制了《中国地震区分布图》,探索了中国境内四类地震带的位置及其与大地构造,断裂的关系。这是中国第一张地震区划图。1930 年,在翁文灏领导地质调查所期间,克服困难,建立了我国第一个地震台和地震研究室。这个地震台就建在北京的西山鹫峰。见图 2-53。这个研究室装备了我国第一批能测试世界范围大地震的仪器,使我国的地震学研究步入了世界行列。为了普及地震和防震知识,翁文灏还发表了《地震浅说》,《甘肃地震谈》等有关的科普文章,1924 年出版了科普著作《地震》。对地震的研究与关注,使翁文灏成为中国地震学研究的开创者。

翁文灏在中国地质科学的研究中做了许多开创性的工作。早在 1925 年,他首次在中国介绍和引荐了以魏格纳为代表的活动论地球科学理论,他称赞该学说“理论极为新颖,其说明地质时代之海陆分布,诚有胜前人之处”。他曾在中国天文学会上做演说,后来又在《科学》杂志上发表《惠氏大陆漂移说》(当时译 Wegener 为惠格纳)一文,系统介绍了这一学说在地球物理学、地理学、古生物学、地质学、古气候学以及大地测量学方面的理论依据。同时他也看到这一学说“实尚未脱理论假设之程度”。由此,我们看到了翁文灏在科学研究的过程中,吸纳各种学说,思路清新的特点,实是远见卓识。翁文灏在历史地质学、沉积学等方面也多有建树。在山志学方面,他对中国古代地理学家关于山脉分布的各种观点进行了分析,于 1925 年发表了《中国山脉考》,认为不能停留在“两山之间必有水,两水之间必有山”这样一个陈旧的定理,强调山脉的研究应该与地质学的理论结合来进行。他提出了中国山脉的地质成因分类,从构造地质学的观点,论述了中国主要山脉的分布规律。在地理学史的研究方面他也是积极的倡导者和实践者,1930 年发表了《清初绘测绘地图考》一文。20 世纪 30 年代初期,翁文灏与丁文江和曾世英等共同编制了《中华民国新地图》(申报地图),该图以等高线分层设色法表示地形。该图的出版被认为是中国地理界空前的巨著。此图 1933 年出版,于 1934、1936、1939、1948 年先后五次再版。

在矿床学方面,翁文灏注意搜集、整理地质调查的资料,并认真分析及时加以总结。1919 年发表了《中国矿产志略》这部著作,对中国矿产资源的分布等情况进行了科学的分类与总结,取得了理论上的很大成就。他在我国首次提出了“成

矿系列"这一术语，对成矿规律的研究作出了很多开拓性的工作。

1946年，世界最古老的地质科学团体——伦敦地质学会通过决议授予翁文灏名誉会员称号。翁文灏在中年时期步入政界，先后任南京国民党政府国防委员会秘书长，行政院秘书长，经济部长兼资源委员会主任，行政院副院长，院长，总统府副秘书长等职。他于解放前夕脱离国民党政府，1951年由法国经香港回国，1971年逝世，终年82岁。

4. 李四光

李四光是我国著名的地质学家、古生物学家，中国地质事业的奠基人之一，中国地质力学的创始人。见图2-54。



图2-54 李四光

李四光，原名李仲揆，1889年出生于湖北省黄冈县。1904年初留学日本，考入大阪高等工业学校，学习造船机械，1910年回国。在日本期间，他加入了中国同盟会，是同盟会中年龄最小的会员，孙中山先生见其年轻，勉励他"努力向学，蔚为国用"，对他的成长起到重要的作用。辛亥革命失败，李四光面对中国落后纷乱的现实，愤然辞去了湖北省实业司司长的职务。李四光觉得自己的年龄还不太大，可以再读10年书，积蓄一分力量，来报效中华民族。1913年，他获官费保送留学英国，进入了伯明翰大学。先学了一年采矿，后来转入了理科地质系，专攻地质学。

李四光的学习态度是认知的，为什么改学地质学呢，其间有一个认识的过程。他认为学以致用，是用自己的才能报效祖国的方法。本来，他想继续学习造船，但造船离不开钢铁，而钢铁的获得必须先搞冶炼，所以他决定学习采矿转而学习地质。他的转变是受科学救国思想支配的。1918年，李四光通过了毕业论文《中国之地质》的答辩，获自然科学硕士学位。1919年接受北京大学蔡元培先生的聘请，1920年回国。

李四光在地质学研究中取得的成果是多方面的。其中古生物䗴科化石的分类研究、中国第四纪冰川学的奠基和创立地质力学是他的主要成就。

20世纪20年代初期，李四光在地质调查过程中，首次在太行山山麓和大同盆地发现了第四纪冰川的遗迹。为此他撰写了《华北挽近冰川作用的遗迹》一文，于1922年在英国《地质杂志》上发表，这是中国学者关于中国第四纪冰川研究的第一篇论文。然而他的论文发表后，没有得到更多的支持，多数学者都持怀疑态度。因为缘于当时地质学理论、方法上的传统影响和大多数人形成的习惯认识，

认为在华北挽近的地质时期，正是处于干旱条件下，沙漠广布，似乎不大可能产生冰川作用。但是对于自己的发现，李四光坚持自己的观点。

在20世纪30年代，李四光在长江中下游地区做地质调查，先后在庐山、黄山、九华山以及天目山等地又发现了大量的第四纪冰川遗迹，同时认为庐山是“中国第四纪冰川的典型地区”。他将这些获得的第一手资料，经过认真的分析研究，坚定了自己的发现和认识，先后发表了《扬子江流域之第四纪冰期》、《关于研究长江下游问题材料》、《安徽黄山之第四纪冰川现象》等文章，成为中国第四纪冰川学研究的肇始者。由于战乱，他写于1937年，系统探求研究、整理他发现和观点认识的《冰期之庐山》一书到1947年才得以正式出版。在这部专著中，他认真总结了中国第四纪冰期、冰川形成的历史过程，系统全面地论证了庐山的冰川遗迹，将其划分为三个亚冰期和两个间冰期，同时还对照阿尔卑斯山的冰期做了比较。李四光的研究为中国第四纪冰川学的建立，奠定了初步的基础。20世纪40年代，李四光又在贵州高原、川东、鄂西、湘西、桂北等地发现了大量的第四纪冰川作用的遗迹。新中国成立后，李四光亲自领导了第四纪冰川的研究，使中国第四纪冰川学得到提高和发展。

早在20世纪20年代初期，李四光在煤田地质调查过程中，深切地感到含煤地区不易划分是一个很大的问题，为了解决这个问题，他采集了石炭二叠纪地层中大量的䗴科化石标本，进行切片研究。䗴，其外壳的形状似纺锤，所以日本的学者就将之称为纺锤虫，李四光在研究中为它起了中国的名字“䗴”。因䗴在古生物学中属于原生动物门伪足纲有孔虫的一个科，由此，就将其直称为“䗴科”了。对䗴科的研究在国外虽有几十年的历史，但在中国还没有人进行，无疑，李四光成为在中国研究䗴科的第一人。通过对大量䗴科化石的研究鉴定，李四光创立了一套䗴科化石鉴定的标准。这套标准直观简练，他在坐标纸上用若干的曲线将䗴的主要特征表现出来，既有定性概念，又有定量概念，按照这个标准，既可以减少文字的描述，又提高了鉴定的准确性和科学性。这套包括10个标准在内的鉴定方法，是一个创新，长期以来一直被中外学者所采用或部分采用。李四光运用这个方法，对中国北部的䗴科化石进行了系统的研究，鉴定出20多个新属，在1927年完成了第一部专著《中国北部之䗴科》。

在李四光的地质学研究生涯中，创立地质力学是他对地球科学最大的贡献。他根据地质学的一般理论和已有的概念，并结合中国大陆及亚洲地质的实际，同时参考其他各个大陆的情况创立了地质力学这门边缘学科。李四光称“地质力学是一门边缘学科，它的一条腿站在地质学方面；另一条腿站在力学方面”，对这个学科作了形象的解释。1926年，他发表了《地球表面形象变迁之主因》的论文，对

地球的演变及规律发表了看法，加入了当时国际上关于地壳运动问题是垂直运动还是水平运动的讨论。李四光认为，当把地球假想为一个理想的旋转椭球体，并暂时只是考虑它的表面为很薄的一层，当这个椭球体围绕着南北短轴进行旋转时，其扁度会随转速的改变而发生变化，在转速达到一定量的时候，椭球体表面的物质会整体地被水平力推向赤道，按照力学的计算，这个水平力从两级至南、北纬45度是不断增加的，然后从这个位置逐渐向赤道减少，在赤道和两极均为零。由此推断，就可以预见在南、北半球连续伸展的大陆上会产生走向与赤道平行的长条山脉，这将是一个必然的结果。当大陆整体向赤道挤压前进运动时，在某些地带或地点，遭到了对称或不很对称的阻力的时候，会出现扭动的形迹，这应当是一种比较普遍的现象，他认为地球自转速率变化的原因是缘于地球内部的重力作用。

对地质力学的研究，倾注了李四光几十年的心血。在他的认识过程中，把应用力学引入到了地质学之中，用力学的观点研究地壳构造和地壳运动的规律，建立了构造形式和构造体系的概念和理论，创立了地质力学这门新兴的边缘学科。继他在20世纪20年代发表《地壳表面形象变迁之主因》开始至20世纪60年代发表《地质力学概论》专著，其间几十年的时间，他发表了大量有关地质力学研究的文章，标志着地质力学的发展过程。见图2-55。



图2-55 《地质力学之基础与方法》封面

1972年出版了他的最后一部著作《天文、地质、古生物资料摘要（初稿）》，其中第7部分《地壳构造与地壳运动》是全书的重点，也是李四光地质力学理论的精华。

李四光在地质学研究方面的成果是多方面，这缘于他治学的严谨和敢于创新的精神。他积极的思维，视野开阔，不受已有学说的影响，敢于向旧有的理论进行挑战，是取得成就的主要原因。李四光是国内外知名的地球科学家，为中国的矿产普查、资源调查、油田的开发、铀矿的开发和地震的研究，都作出了重大贡献。1971年逝世。

5. 葛利普

德裔美国人，是著名的古生物学家、地质学家。见图2-56。葛利普1870年出生于美国，他的祖先是德国人，父亲是一位牧师。在他很小的时候母亲就去世了，父亲带着孩子过生活，家境贫寒，因此在他童年的时候就出外


图2-56 葛利普

打工谋生，当过报童，做过装订工人。不平凡的生活经历造就了葛利普坚强、进取、自信的性格。他依靠顽强的毅力，自修了植物学、古生物学和矿物学。他的学习精神感动了当时的麻省理工学院的克罗斯比教授，推荐他到波士顿博物协会去工作。1891年，葛利普考入了麻省理工学院地质系，实现了他的大学之梦。1896年毕业后任教员。1898年获哈佛大学硕士学位，1900年完成了《纺锤虫及其近亲之系统演化》的论文，获得哈佛大学理学博士学位。葛利普是一位有创见的学者，还在20世纪初的时候，他已在国际学术界享有一定的声誉。他与中国地质科学发展有着密切的关系，被中国地质学界公认为中国地质科学的奠基人之一。

葛利普是1920年到中国来的。在他到中国之前，发表了一系列有创见的论文专著，其中重要的有：《沉积岩分类》(1904)、《北美标准化石》(1910)、《地层学原理》(1913)等等。1910年前后，他曾经在欧洲各地进行了广泛的地质考察，取得了很多成果，这些以实地观察为第一手资料的成果，在他的著作中得到体现。1921年，他出版了巨著《地质学教程》，旁征博引，内容丰富，材料翔实。这部著作的重要特点，就是在地球科学的总体立意中对所谈及的问题进行了世界性的论述，颇具大家的风范。

葛利普不仅是一位学风严谨的学者，更是一位具有正义感的国际主义者，这从他后半生献身中国的地质科学事业，最终将遗骨奉献给中国的土地，可以得到充分的证明。1920年，地质学家丁文江先生鉴于中国地质科学发展的现状，亲自邀请葛利普来华，并对葛利普明确地提出了两点要求，即主持地质调查所的古生物部，同时任北京大学地质系的教授，为中国的地质事业培养专门人才。葛利普欣然应允，来华之后，以他的行动履行了自己的承诺。20世纪20年代，中国地质科学在章鸿钊、丁文江、翁文灏等人的倡导和促动下，刚刚初具规模，葛利普的到来为中国地质事业注入了一股强劲而清新的促进剂。在1922至1933年这10余年期间，他多次编印古生物学讲义、古生物学实习提纲，地史学提纲及实习提纲，刊印总数达到1 763页，合计教学著作为3 613页，由此可见他对教学工作的认真程度。由于健康的原因，他无法带领学生亲赴野外实习现场，对此他引为最大的遗憾，并多次将此事向师生们提及并希望得到谅解。前面已谈到，葛利普来华前已是国际知名学者，但是在中国他却没有一点大人物的架子，无论教学，还是科研，都以谦逊、谨慎、认真、诚恳的姿态表现出他治学的风范和做人的率直，受到人们的广泛尊重。据黄汲清教授的回忆，葛利普教学主张以启发为主，循循善诱，旁征博引，受教者思路开阔，寻幽有径。李四光先生在中国对䗴科有深入的研究，在葛利普讲授古生物学至䗴科一章时，总是请李四光先生登台主讲，他则在下面安然静听，其豁达与谦恭令人起敬。

葛利普主张学术无国界，而维护正义也无疆界。在1935年北平(今北京)学生发起的“一二·九”抗日救亡运动中，作为一名外来学者，他同情中国，憎恨日本侵略者，同情学生的正义行动，赞成学生罢课。抗日战争爆发后，他在北平居家不出，拒绝了日伪请他任教的要求，表现出了一位拥护正义的科学工作者的精神境界。北平沦陷后，北京大学、清华大学等迁至西南边陲昆明继续办学，葛利普虽未前去但时刻关注教育的情况，他在与西南联大的同事通信中讲：我希望我们过去共同从事的事业，在你们那里继续兴旺……由此可见他对中国地质事业的拳拳之心。

在学术研究过程中，葛利普的成就是多方面的。早在1919年，葛利普发表了一篇摘要，提出了“地槽迁移”的思想；1924年，根据掌握的资料(主要是亚洲的)写成了《地槽迁移》这篇长达42页的论文。关于“地槽迁移”的思想，在葛利普之前曾经有人涉及到，但是没有给予明确的阐述。葛利普选择亚洲的大喜马拉雅为原型，表达了“地槽迁移”的思想。葛利普认为，在大喜马拉雅构造区，除寒武纪与奥陶纪之间有间断之外，古生代以来其沉积是连续的，到早第三纪褶皱成山，与此同时在它的南侧出现了一个西瓦里克地槽。在西瓦里克系向南倒转褶皱隆起后，它的南部形成印度河——恒河平原，葛利普判断它是现代地槽。1931年，在他的《蒙古的二叠系》一书中，也体现了他的关于地槽学说的应用。这表现了葛利普在大地构造学方面的思想和在亚洲大地构造运动方面的成果。

在全球构造学方面，葛利普的思想主要表现在它的脉动论观点和极控说理论。

葛利普认为，全球性的海侵和海退同时进行时，会形成一个脉动纪，其过程在地层记录上形成一个脉动系。海退之后则往往会形成一个以陆相沉积为主的间脉动纪和系。而地层沉积相的演变，生物群的演化和更新都将受到脉动的制约。1933年，他发表了《年代的韵律——脉动论，地球历史的新观点》一文，并于同年在华盛顿举行的第16届国际地质大会上提交《波动论或脉动论》的论文，阐述他的观点。1934至1938年分卷出版了《脉动论下的古生代地层》，依照脉动论说，将古生代各纪、系进行了重新划分。

1937年，葛利普在认真思考后明确提出了他的重要理论——极控论。此前活动论者魏格纳提出了大陆漂移说，受到大多数学者的反对，在这时葛利普提出极控论就是为了解释魏格纳关于泛大陆集中于南极周围的现象。他假定一个过往的星球在掠过地球附近时，将地球的硅铝层拉脱，造成褶皱集中，形成为南极泛大陆。同时他还认为，泛大陆皱起的边缘可以代表原始的山系，他推演把大陆边缘朝外方底层的推挤和造山运动联系起来，把大陆边缘内侧的沉降带看做大地

槽，他认为用边缘内侧的拉伸扩张运动，可以解释火山活动。葛利普的脉动论和极控论集中反映在他临终前于1940年出版的最后一本专著《年代的韵律：脉动论与极控论之下的地球历史》一书之中。按照脉动论和极控论的理论和观点，他全面阐述了地球发展的历史，将震旦纪和古生代分为14个脉动纪（系），中生代分为7个脉动纪（系），而用灵生代来命名第四纪。他根据极控论的观点认为中生代没有泛大陆解体。他曾绘制了古地理恢复图23幅，其中前13幅是古生代和中生代的泛大陆再造图，后10幅为中新生代部分大陆再造图，用以总结他对地球构造和地球历史全面的论述。

葛利普是古生态学的创始人之一。他曾致力于古生物学的研究，并注意古生物学的理论，在这方面，他曾在1920年发表《回顾达尔文学说60年》一文，对古生物学的理论发展，加以归纳和总结。虽然他不直接研究人类化石，然而他却能根据中亚和喜马拉雅山急剧升起的运动和古气候演变的联系中，从生态适应等方面提出人类演化的进程。葛利普对地质学的研究涉猎很多方面，他十分重视在鉴定岩石和化石堆积特征时的沉积环境，提出不仅要重视沉积岩的成分、结构、特点，也要重视它的成因，从而对沉积岩的分类贡献卓著。同时，他对地层学、地史学都有深入的研究。1913年出版《地层学原理》一书，其论述包括了广泛的地质学领域。1924—1925年所著的《中国地层》和36幅亚洲古地理图，是对亚洲和中国地层学的重要贡献。

作为教育家，葛利普把自己的后半生献给了中国地质教育事业，培养了大批卓越的地质人才。葛利普还是中国地质学会的创始会员。1942年太平洋战争爆发，葛利普被日本侵略军逮捕，直至1945年日本投降后才出狱。1946年，病逝于北平。在病危之际，葛利普曾要求加入中国国籍，并将2 000余册藏书捐赠给中国地质学会。葛利普逝世后，骨灰被安葬于北京大学地质系地质馆，1982年迁葬于北京大学校园内未名湖畔。

# 参考文献

[1]章鸿钊.中国地质发展小史.上海:商务印书馆,1937.

[2]章鸿钊.古矿录.北京:地质出版社,1954.

[3][德]马克思,恩格斯.马克思恩格斯文选.莫斯科中文版第二卷,1955年.

[4]侯外庐等.中国思想通史.北京:人民出版社,1957.

[5][英]贝尔纳.历史上的科学.北京:科学出版社,1959.

[6]李四光.天文、地质、古生物.北京:科学出版社,1972.

[7][英]李约瑟.中国科学技术史.中译本卷5.北京:科学出版社,1975.

[8][英]W.C.丹皮尔.科学史.北京:商务印书馆,1975.

[9]夏湘蓉等.中国古代矿业开发史.北京:地质出版社,1980.

[10]任继愈.中国哲学史论.上海:上海人民出版社,1981.

[11]高宗鲁译.中国幼童留美史.台北:台北华欣文化事业中心,1982.

[12]王成祖.中国地理学史.北京:商务印书馆,1982.

[13]王季深.中国历代旅行家小传.北京:知识出版社,1983.

[14]朱有瓛主编.中国近代学制史料.上海:华东师范大学出版社,1983.

[15][日]小林英夫.地质学发展史.北京:地质出版社,1983.

[16]中国大百科全书总编辑委员会《矿冶》编辑委员会编.中国大百科全书·矿冶.北京:大百科全书出版社,1984.

[17]孙荣圭.地质科学史纲.北京:北京大学出版社,1984.

[18][日]汤浅光昭著.科学文化史年表.张利华,译.北京:科学普及出版社,1984.

[19]王子贤等.简明地质学史.郑州:河南科学技术出版社,1985.

[20][苏联]波德纳尔斯基.古代的地理学.北京:商务印书馆,1986.

[21]王若华,钱竞阳.外国地质名人辞典.北京:地质出版社,1987.

[22]中国地质学会地质学史委员会.地质学史论丛(一).北京:地质出版社,1986.

[23]中国地质学会地质学史委员会.地质学史论丛(二).北京:地质出版社,1989.

[24]《当代中国》编辑委员会.当代中国地质事业.北京:中国社会科学出版社,1990.

[25]黄汲清,何绍勋主编.中国现代地质学家传.长沙:湖南科学技术出版社,1990.

[26]陈国达,陈述彭等主编.中国地学大事典.济南:山东科学技术出版社.1992.

[27]中国大百科全书总编辑委员会《地质学》编辑委员会.中国大百科全书·地质学.北京:中国大百科全书出版社,1993.

[28]中国技术经济研究会、中国地质经济学会主编.技术经济手册(地质矿产卷).北京:中国科学技术出版社,1993.

[29]钱学森等著.论地理科学.杭州:浙江教育出版社,1994.
[30]崔云昊.中国近代矿物学史.北京:科学出版社,1995.
[31]熊曾熙,孟宪来,安静中,胡轩魁主编.中国含地质类专业高等院校(系)概览.北京:地质出版社,1995.
[32]中国地质学会地质学史研究会、中国地质大学地质学史研究室.地质学史论丛(三).武汉:中国地质大学出版社,1995.
[33]霍有光.中国古代矿冶成就及其他.西安:陕西师范大学出版社,1995.
[34]王鸿祯主编.中国地质学科发展的回顾——孙云铸教授百年诞辰纪念文集.武汉:中国地质大学出版社,1995.
[35][英]大卫·哈维.地理学中的解释.北京:商务印书馆,1996.
[36]西南联大北京校友会编.国立西南联合大学校史——1937至1946年的北大、清华、南开.北京:北京大学出版社,1996.
[37]陈群等.李四光传.北京:人民出版社,1996第二版.
[38]吴凤鸣.世界地质学史.吉林:吉林教育出版社,1996.
[39]程裕淇,陈梦熊主编.前地质调查所(1916—1950)的历史回顾.北京:地质出版社,1996.
[40]中国科学技术协会.中国科学技术专家传略.理学篇,地学卷[1].石家庄:河北教育出版社,1996.
[41]董光璧.传统与后现代化——科学与中国文化.济南:山东教育出版社,1996.
[42][英]达尔文.物种起源.北京:商务印书馆,1997.
[43][英]达尔文.人类的由来(全两册).北京:商务印书馆,1997.
[44][英]亚·沃尔夫.十六、十七世纪科学、技术和哲学史(上下册).北京:商务印书馆,1997.
[45][英]亚·沃尔夫.十八世纪科学、技术和哲学史(上下册).北京:商务印书馆,1997.
[46]董光璧主编.中国近现代科学技术史.长沙:湖南教育出版社,1997.
[47][美]斯蒂芬·杰·古尔德.自达尔文以来.北京:三联书店,1997.
[48][法]莫林等.地球祖国.北京:科学·读书·新知三联书店.
[49]李仲均,王恒礼等.中国古代地学书录.武汉:中国地质大学出版社,1997.
[50][美]菲利普·赛福等.地球素描.南京:江苏人民出版社,1998.
[51]刘广志.中国钻探科学技术史.北京:地质出版社,1998.
[52]汪前进主编.中国古代科学技术史纲.地学卷.沈阳:辽宁教育出版社,1998.
[53]洪晓楠.十大科学家.南京:南京大学出版社,1998.
[54]李文范,宋正海.地球科学年表.北京:石油工业出版社,1998.
[55][美]C.C.吉利俾斯著.创世纪与地质学.杨静一,译.南昌:江西教育出版社,1999.
[56][英]皮特.J.鲍勃著.进化思想史.田洺,译.南昌:江西教育出版社,1999.
[57]裴文中.旧石器时代之艺术.北京:商务印书馆,1999.
[58]马胜云,马兰编著.李四光年谱.北京:地质出版社,1999.

[59]陈宝国.人与地球的对话.广州:广东人民出版社,2000.

[60]唐锡仁等主编.中国科学技术史(地学卷).北京:科学出版社,2000.

[61]刘本培,蔡运龙.地球科学导论.北京:高等教育出版社,2000.

[62]中国科学技术协会.中国科学技术专家传略,理学篇·地学卷[2].北京:中国科学技术出版社,2001.

[63][美]格鲁弗·威尔逊.科学巨人:西方发展史话.北京:中国档案出版社,2001.

[64]李瑜译.文艺复兴书信集.上海:学林出版社,2002.

[65]陈毓川主编.中国地质学会80周年学术文集.北京:地质出版社,2002.

[66]王弭力主编.中国地质学会80周年记事.北京:地质出版社,2002.

[67]李申.中国古代哲学和自然科学.上海:上海人民出版社,2002.

[68]陈长崎.中国古代国家与政治.北京:文物出版社,2002.

[69]王蒲生.英国地质调查局的创建.武汉:武汉出版社,2002.

[70]中国地质学会地质学史研究会、中国地质大学地质学史研究所合编.地质学史论丛(4).北京:地质出版社,2002.

[71]中国地质大学校史编撰委员会编.励精图治50年——中国地质大学简史.武汉:中国地质大学出版社,2002.

[72]中国科学院地学部中国地球科学发展战略研究组.地球科学:世纪之交的回顾与展望.济南:山东教育出版社,2002.

[73]周文滨主编.十大地学家.南宁:广西科学技术出版社,2002.

[74]栾玉广.系统自然观.北京:科学出版社,2003.

[75]张西水,陈清龙主编.20世纪中国高等教育(科技卷).北京:高等教育出版社,2003.

[76]朱训,陈洲其主编.中华人民共和国地质矿产史(1949—2000).北京:地质出版社,2003.

[77]毕孔彰,胡轩魁主编.中国含地质类专业高等院校(系)简介.北京:地质出版社,2004.

[78][英]特雷弗.I.威廉斯主编.技术史.上海:上海科技教育出版社,2004.

[79]中国科学技术协会.中国科学技术专家传略.理学篇.地学卷[3].北京:中国科学技术出版社,2004.

[80]季强等.中国辽西中生代热河动物群.北京:地质出版社,2004.

[81]戎嘉余,方宗杰等.生物绝灭与复苏—来自华南古生代和三叠纪的证据.合肥:中国科学技术大学出版社,2004.

[82]吕古贤,曾绍金,郑大瑜,朱裕生等.我国主要金属矿产矿山资源危机程度评价.北京:中国大地出版社,2004.

[83][澳]戴维.R.奥尔德罗伊德著.地球探赜索隐录.杨静一,译.上海:上海世纪出版集团,2005.

[84][美]斯塔夫里呵诺斯著.全球通史.董书慧等,译.北京:北京大学出版社,2005.

[85][美]欧内斯特·内格尔著.科学的结构.徐向东,译.上海:上海译文出版社,2005.

[86]王贵友.科学技术哲学导论.北京:人民出版社,2005.

[87]张九辰.地质学与民国社会:1916—1950.济南:山东教育出版社,2005.

[88][美]余定国.中国地图学史.北京:北京大学出版社,2006.

[89][美]加斯特罗.上帝与天文学家.银川:宁夏人民出版社,2008.

[90]邹小站.西学东渐—迎拒与选择.成都:四川人民出版社,2008.

[91]张剑.中国近代科学与科学体制化.成都:四川人民出版社,2008.

[92]陈宝国,宫兆敏.亘古沧桑话幽燕.北京:地质出版社,2008.

[93]北京大学地质系百年历程编委会编.创立·建设·发展——北京大学地质学系百年历程(1909—2009).北京:北京大学出版社,2009.

[94]中国地质学会地质学史研究会、中国地质大学地质学史研究室.地质学史论丛(五).北京:地质出版社,2009.

[95]张以诚.中国近代地质事业史话.北京:中国大地出版社,2009.

[96]中国地质学会编.中国地质学学科史.北京:科学普及出版社,2010.

[General Information]
书名=大众地学史
作者=陈宝国，李玉静著
页数=237
SS号=13790987
DX号=
出版日期=2015.06
出版社=山东科学技术出版社